



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - 141584

ANALISIS PENGARUH KETEBALAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN *FIBERGLASS* TERHADAP *SOUND TRANSMISSION* *CLASS* PADA *DOOR TRIM* MOBIL

ABDULLAH ALJABIR
02511440000091

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan. S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - 141584

ANALISIS PENGARUH KETEBALAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN FIBERGLASS TERHADAP SOUND TRANSMISSION CLASS PADA DOOR TRIM MOBIL

ABDULLAH ALJABIR NRP. 02511440000091

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

ANALYSIS OF INFLUENCE POLYESTER COMPOSITE THICKNESS REINFORCED BY FIBERGLASS AND NANOCELLULOSE TO CAR DOOR TRIM SOUND TRANSMISSION CLASS VALUE

ABDULLAH ALJABIR
02511440000091

Advisor
Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

MATERIALS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

(This page left intentionally blank)

**ANALISIS PENGARUH KETEBALAN KOMPOSIT
POLIESTER BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN
FIBERGLASS TERHADAP NILAI *SOUND*
TRANSMISSION CLASS PADA *DOOR TRIM* MOBIL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ABDULLAH ALJABIR

0251144000091

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Moh. Farid, DEA (Pembimbing 1)
2. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng (Pembimbing 2)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

ANALISIS PENGARUH KETEBALAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT NANOSULOSA DAN FIBERGLASS TERHADAP NILAI SOUND TRANSMISSION CLASS PADA DOOR TRIM MOBIL

Nama Mahasiswa : Abdullah Aljabir
NRP : 02511440000091
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Abstrak

Kenyamanan berkendara menjadi bagian yang penting diperhatikan dalam dunia otomotif. Sumber kebisingan tertinggi pada kehidupan manusia adalah kendaraan bermotor. Untuk mengurangi kebisingan dari luar kendaraan bermotor tersebut, digunakan material kedap suara. Komposit berpenguat nanoselulosa dan gelas fiber merupakan sebuah alternatif material peredam suara yang ramah lingkungan, yang dapat digunakan pada Door trim mobil. Penelitian ini dilakukan untuk merekayasa material komposit Unsaturated Polyester Resin (UPR) berpenguat nanoselulosa dan Fiberglass untuk bahan peredam suara. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh ketebalan komposit terhadap densitas dan nilai Sound Transmission Loss. Ketebalan yang digunakan adalah 1.5 mm, 2.6 mm dan 3,0 mm. Selain itu material juga diuji FTIR (Fourier Transform Infra Red) untuk mengidentifikasi ikatan kimia yang muncul pada komposit UPR/Nanoselulosa, uji SEM untuk mengetahui morfologi komposit dan uji densitas untuk mengetahui pengaruh ketebalan terhadap densitas. Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah metode Hand Lay-up. Metode pengujian berdasarkan ASTM E986, ASTM E 413, ASTM D792. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan komposit dengan metode Handlay up menghasilkan peningkatan nilai Sound Transmission Class (STC). STC pada ketebalan 3.0 mm sebesar STC 30. Peningkatan

ketebalan komposit dengan metode Handlay up dengan rasio bahan yang sama menghasilkan nilai densitas komposit yang sama.

Kata kunci : *Sound Transmission Loss, Hand Lay-up, Nanoselulosa, Unsaturated Polyester Resin, Fiberglass*

ANALYSIS OF INFLUENCE POLYESTER COMPOSITE THICKNESS REINFORCED BY FIBERGLASS AND NANOCELLULOSE TO CAR DOOR TRIM TRANSMISSION CLASS VALUE

Name of Student : Abdullah Aljabir
NRP : 02511440000091
Major : Material Engineering
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.

Abstract

Driving comfort is an important part of attention in the automotive world. The highest source of noise in human life is a motor vehicle. To reduce noise from outside the motor vehicle, used sound absorbing material. The composite reinforced by nanocellulose and glass fiber was an environmentally sound alternative soundproof material, which can be used on car trim Door. This research was conducted to engineer the Unsaturated Polyester Resin (UPR) composite material with nanocellulose and Fiberglass for silencer material. The purpose of this research is to analyze the influence of composite thickness to density and value of Sound Transmission Loss. The thickness used was 1.5 mm, 2.6 mm and 3.0 mm. In addition, the material also tested by FTIR (Fourier Transform Infra Red) to identify chemical bonds that appear on UPR / Nanocellulose composites, SEM test to determine composite morphology and density test to determine the effect of thickness to density.. The method of making composite used was Hand Lay-up method. Test method based on ASTM E986, ASTM E 413, ASTM D792. The results of this research indicated that the increase of composite thickness by Hand Lay Up method resulted in the increase of Sound Transmission Class (STC) value. STC of 3.0 mm thickness of composite was STC 30. Increased thickness of composite by Hand Lay Up method with same composition ratio of the forming material resulting same composite density.

Keywords : *Sound Transmission Loss, Hand Lay-up, Nanocellulose, Unsaturated Polyester Resin, Fiberglass*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas akhir dengan judul **“ANALISIS PENGARUH KETEBALAN KOMPOSIT POLIESTER BERPENGUAT NANOSELULOSA DAN FIBERGLASS TERHADAP SOUND TRANSMISSION CLASS PADA DOOR TRIM MOBIL”**. Laporan ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, diantaranya:

1. Ummi, Abi, dan keluarga atas dukungan moril dan materiil yang luar biasa
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku co-pembimbing dan Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang senantiasa memberi bimbingan, arahan dan nasihat.
4. Bapak Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali yang senantiasa menyemangati
5. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.

7. Teman-teman MT 16 yang selalu menemani dan memberikan banyak kenangan serta dukungan.
8. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan bersama. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Surabaya, 2018
Penulis,

Abdullah Aljabir
02511440000091

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.2 Matriks	7
2.3 Serat Kaca	7
2.4 Poliester	8
2.5 Nanoselulosa	10
2.6 Hukum Percampuran	11
2.7 Gelombang Suara	12
2.7.1 Frekuensi Bunyi	12
2.7.2 Tekanan dan Intensitas Bunyi	13
2.7.3 Pemantulan Bunyi	13
2.7.4 Penyebaran Bunyi.....	14
2.7.5 Difraksi Bunyi	14
2.7.6 Penyerapan Bunyi.....	14
2.8 Sound Transmission Loss.....	15
2.9 Penelitian Terdahulu.....	18
2.10 Metode Pembuatan Komposit	21
2.11 Door Trim Pada Mobil	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir	27
3.1.1 Diagram Alir Pembuatan Prototype	29
3.1.2 Diagram Alir Pembuatan Komposit	30
3.2 Bahan dan Peralatan	31
3.2.1 Bahan Penelitian.....	31
3.2.2 Alat Penelitian	34
3.3 Variabel Penelitian	39
3.4 Metode Penelitian.....	39
3.4.1 Pembuatan Prototype.....	39
3.4.2 Pembuatan Komposit	41
3.4.3 Proses Pengujian.....	44
3.5 Rancangan Penelitian	49

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesimen Komposit.....	51
4.2 Analisis Uji Sound Transmission Loss.....	52
4.3 Analisis Uji FTIR	56
4.4 Analisis SEM.....	59
4.5 Analisis Uji Densitas	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA	xix
-----------------------------	------------

LAMPIRAN.....	xxv
----------------------	------------

UCAPAN TERIMA KASIH.....	xxxiii
---------------------------------	---------------

BIODATA PENULIS.....	xxxv
-----------------------------	-------------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya	6
Gambar 2.2 Kumpulan Nanoselulosa	10
Gambar 2.3 Ilustrasi <i>Sound Transmission Loss</i>	15
Gambar 2.4 Proses terjadinya <i>sound transmission loss</i>	16
Gambar 2.5 Tabung impedansi.....	17
Gambar 2.6 Proses <i>Hand Lay Up</i>	21
Gambar 2.7 Proses Spray-Up.....	22
Gambar 2.8 Proses <i>Filament Winding</i>	23
Gambar 2.9 Proses <i>Compression Molding</i>	23
Gambar 2.10 Proses <i>Injection Molding</i>	24
Gambar 2.11 Proses <i>Countiuous Pultrusion</i>	25
Gambar 2.12 Model <i>Door Trim</i> Mobil	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Prototype.....	29
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Komposit	30
Gambar 3.4 Nanoselulosa	31
Gambar 3.5 Resin poliester.....	32
Gambar 3.6 <i>Fiberglass Woven Roving</i>	32
Gambar 3.7 Katalis	33
Gambar 3.8 Styrene Monomer.....	33
Gambar 3.9 Pelumas Vaseline	34
Gambar 3.10 Triplek.....	34
Gambar 3.11 Blender Airlux	35
Gambar 3.12 Alat Uji SEM	36
Gambar 3.13 Alat Uji FTIR.....	36
Gambar 3.14 Alat Uji Densitas.....	37
Gambar 3.15 Ruang Reverbrasi.....	38
Gambar 3.16 Ruang <i>Semi Ancheoic Chamber</i>	38
Gambar 3.17 Speaker.....	38
Gambar 3.18 Mic	39
Gambar 3.19 Stabilizer	39
Gambar 3.20 Proses Pelapisan dengan isolasi dan pelumas	40
Gambar 3.21 Proses Pelapisan dengan <i>Fiberglass</i>	40

Gambar 3.22 Prototype <i>Door Trim</i> mobil yang sudah jadi.....	41
Gambar 3.23 Proses Penimbangan SM, UPR, dan Katalis	42
Gambar 3.24 Proses Penimbangan Nanoselulosa	42
Gambar 3.25 Proses Handlay Up pada pembuatan komposit....	43
Gambar 3.26 Proses Pencampuran Nanoselulosa dengan Resin Poliester	44
Gambar 3.27 Diagram skematik cara kerja SEM	45
Gambar 3.28 Proses pelapisan sampel.....	46
Gambar 3.29 Skema alat spektroskopi FTIR	47
Gambar 3.30 Proses Pengujian Densitas	48
Gambar 4.1 Hasil Preparasi Spesimen <i>Sound Transmission</i> <i>Loss</i>	51
Gambar 4.2 Pengaruh ketebalan terhadap nilai <i>Sound</i> <i>Transmission Loss</i> pada komposit.....	53
Gambar 4.3 Spektrum FTIR Ketebalan 1.5 mm, Ketebalan 2.6 mm , dan ketebalan 3.0 mm	56
Gambar 4.4 SEM Serat (A) Ketebalan 1.5 mm , (B) Ketebalan 2.6 mm, (C) Ketebalan 3.0 mm	59
Gambar 4.5 Pengaruh ketebalan terhadap nilai densitas komposit	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat mekanik bahan matriks polimer.....	9
Tabel 2.2 Klasifikasi nilai STC	16
Tabel 2.3 Penelitian yang telah dilakukan mengenai material penyerap suara.....	20
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian	49
Tabel 4.1 Pengaruh Ketebalan terhadap nilai <i>Sound Transmission Loss</i>	52
Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah <i>Unsaturated Polyester Resin Fiber Glass</i> 1.5 mm dan 2.6 mm.....	57
Tabel 4.3 Pengaruh ketebalan terhadap nilai densitas Komposit	60

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan, adanya kebijakan yang mengatur terjaganya lingkungan hidup, dan tingginya tingkat polusi yang terjadi di dunia menghasilkan pemikiran untuk menggunakan material yang bersifat ramah lingkungan. Salah satunya adalah penggunaan serat alam sebagai salah satu material untuk pembuatan komposit yang penggunaannya sudah sangat banyak digunakan di dunia saat ini.

Serat alam merupakan salah satu potensi bahan baku tekstil yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Potensi ini dapat berkembang dengan baik apabila ada usaha untuk terus berinovasi dan berkreasi. Serat alam sebagai bahan baku tekstil memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat sintetis. Sebagai komponen penguat di dalam material komposit, serat alam mempunyai keunggulan antara lain sifatnya yang dapat diperbarui, dapat didaur ulang serta dapat terbiodegradasi di lingkungan (Zimmermann et al. 2004). Selain itu, serat alam mempunyai sifat mekanik yang baik dan lebih murah jika dibandingkan dengan serat sintetis.

Serat alam merupakan serat yang langsung diperoleh dari alam. Serat alami diproduksi oleh hewan, tumbuh – tumbuhan, dan proses geologi. Indonesia sebagai Negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit. Komposit polimer komersil pada umumnya menggunakan resin termoset sebagai matriks karena penggunaannya yang lebih cocok untuk bidang struktural. Di antara banyaknya jenis resin termoset, poliester tidak jenuh merupakan jenis yang paling umum digunakan karena memiliki sifat penyusutan yang rendah, dapat dicetak pada suhu ruangan, viskositas yang sangat rendah, ketahanan termal dan cuaca yang baik serta biayanya yang murah. Material komposit memiliki



peranan penting dalam industri manufaktur saat ini, salah satunya dalam bidang otomotif. Dalam dunia otomotif khususnya industri roda empat, fasilitas kenyamanan berkendara menjadi bagian yang penting diperhatikan, salah satunya adalah penyerap suara. Fasilitas ini diperlukan untuk mengurangi kebisingan dari lalu lintas di luar kendaraan roda empat tersebut. Kebisingan yang disebabkan oleh lalu lintas memiliki tekanan bunyi 80-100 dB. Sumber kebisingan tertinggi pada kehidupan manusia adalah pada kendaraan bermotor (55%). Sementara berdasarkan PerMen LH no.07 tahun 2009 disebutkan bahwa batas maksimal suara pada kendaraan roda empat memiliki penumpang di bawah 8 orang adalah 77-80 dB (Mediastika, 2009).

Pemanfaatan serat tandan kosong kelapa sawit untuk produk teknologi masih sangat terbatas. Umumnya serat tandan kosong kelapa sawit diolah menjadi pupuk sawit itu sendiri, kadang juga hanya dijadikan pengeras jalan. Namun saat ini semakin dikembangkan menjadi produk-produk yang bermanfaat dan memiliki nilai jual. Banyak penelitian ilmiah yang berhubungan dengan limbah serat tandan kosong kelapa sawit yang telah dijadikan bahan lainnya.

Dengan pembuatan komposit menggunakan komposit matriks poliester dengan campuran nanoselulosa dengan variasi ketebalan 1.5 mm , 2.6 mm dan 3.0 mm diharapkan nantinya dihasilkan material otomotif untuk aplikasi *Door Trim* pada mobil yang mempunyai nilai *Sound Transmission Class* suara yang baik serta ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, perumusan masalah yang diidentifikasi pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh ketebalan komposit terhadap densitas komposit poliester berpenguat nanoselulosa?



2. Bagaimana pengaruh ketebalan komposit terhadap nilai *Sound Transmission Class* komposit poliester berpenguat nanoselulosa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Menganalisis pengaruh ketebalan komposit terhadap densitas komposit polyester berpenguat nanoselulosa
2. Menganalisis pengaruh ketebalan komposit terhadap nilai *Sound Transmission Class* komposit poliester berpenguat nanoselulosa

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya dianggap sangat kecil bagi proses penelitian ini sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Adanya pengotor pada komposit diabaikan
2. Kadar uap air dan gas di atmosfer dianggap tidak berpengaruh
3. Distribusi persebaran serat dianggap merata
4. Ukuran serat dianggap homogen

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang Nano komposit
2. Menciptakan produk *Door Trim* pada mobil dengan metode *Hand Lay Up* yang mempunyai kemampuan *Sound Transmission Class* yang baik serta ramah lingkungan



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

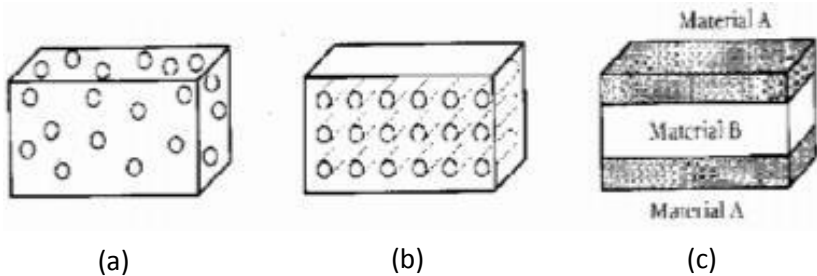
Komposit adalah suatu sistem yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya. (Sulistjiono , 2012).

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana material komposit adalah material gabungan dari dua atau lebih material yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat.

Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

- a. Material yang menjadi penyusun komposit. Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun, menurut *rule of mixture* sehingga hasilnya akan berbanding secara proporsional.
- b. Bentuk dan penyusunan struktural dari komposit. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.
- c. Interaksi antar penyusun. Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit itu.

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1. Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya (a) Partikel (b) fiber (c)struktur (Pramono , 1989)

Menurut bentuk material dan penyusunnya, komposit dapat dibedakan dalam lima jenis, yaitu (Schwartz, 1984) :

a. Komposit serat (*fibrous composite*).

Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat (Nasmi, 2018).

b. Komposit partikel (*particulate composite*)

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

c. Komposit serpih (*flake*)

Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika dan metal (Schwartz, 1984).



d. Komposit sketal (*filled*)

Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi (Schwartz,1984).

e. Komposit laminat (*laminated composite*)

Laminated Composite (komposit lapisan) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

2.2. Matriks

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polimer (plastik) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas. Poliester, vinilester dan epoksi adalah bahan-bahan polimer yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks. Material komposit merupakan gabungan dari unsur-unsur yang berbeda. Hal itu menyebabkan munculnya daerah perbatasan antara serat dan matriks. Daerah pencampuran antara serat dan matriks disebut dengan daerah *interphase* (*bonding agent*), sedang batas pencampuran antara serat dan matriks disebut *interface* (Schwartz,1984).

2.3. Serat Kaca

Serat kaca (*Fiberglass*) adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm sampai dengan 0,01 mm. Serat kaca sangat mudah ditemui karena harganya yang cukup ekonomis dengan kekuatan mekanik yang kuat sehingga serat ini banyak digunakan sebagai penguat dalam struktur komposit. (Barbero, 1998) Berdasarkan jenisnya serat kaca dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Nasmi,2018):

a. Serat E - Glass



Serat E - Glass adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

b. Serat C - Glass

Serat C - Glass adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

c. Serat S - Glass

Serat S - Glass adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi, sehingga harganya lebih mahal dibandingkan dengan tipe yang lain.

Berdasarkan bentuknya serat kaca dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Farid, 2017):

- a. *Roving* , berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.
- b. *Yarn* , berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filamen.
- c. *Chopped Strand* , adalah *Strand* yang di potong - potong dengan ukuran tertentu kemudian digabung menjadi satu ikatan.
- d. *Reinforcing Mat*, berupa lembaran *Chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.
- e. *Woven roving* merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus. Berbeda dengan material lain, *woven roving* terbentuk dari serat - serat kaca berukuran panjang - panjang dan dibentuk dalam suatu satu kesatuan yang bergerak kedua arah, lalu kemudian dianyam.

2.4. Poliester

Perekat adalah zat yang mengikat dua benda dengan pelekatan dan perekatan permukaan. Perekat terdiri dari perekat jenis dan perekat mekanis. Perekat jenis ini bersifat kimia dan tarik menarik antara kedua benda. Perekat jenis ini dapat berupa ikatan kimia misalnya karet - logam. Sedangkan perekat mekanis merupakan gaya ikatan akibat saling taut. Bila perekat jenis merupakan gaya

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



aktif yang menyatukan bahan satu sama lain, serta efektif pada beban tarik, sedangkan perekat mekanis bersifat pasif dan tidak terlalu efektif kecuali dengan bantuan gaya luar (Hartomo, 1992).

Dikenal tiga jenis perekat, yaitu:

- Perekat Termoplastik. Perekat ini dapat dilebur, dilarutkan, melunak bila dipanaskan, mengalami *creep* bila dikenai beban. Perekat termoplastik tidak mengalami perubahan kimia saat terbentuknya ikatan.
- Perekat Termoset. Terbentuknya ikatan pada perekat ini dibantu oleh panas, katalis atau gabungannya.
- Perekat Campuran Resin Karet. Jenis ini mempunyai sifat gabungan sifat komponennya. Resin termoset campuran karet baik untuk perekat struktural, pada logam atau benda kaku lainnya.

Resin poliester tak jenuh merupakan jenis material polimer *thermosetting*. Matriks ini dapat menghasilkan keserasian matrik - serat dengan mengontrol faktor jenis dan jumlah komponen, katalis, waktu, dan suhu. Sifatnya tahan *creep*, sangat memadai sebagai perekat struktur berbeban berat, serta tahan kondisi panas tinggi, radiasi, kelembaban, dan bahan kimia (Hartomo, 1992). Sifat- sifat mekanik bahan matriks polimer dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Sifat-sifat mekanik bahan matriks polimer

Polimer	E (MPa)	σ (MPa)	Use Temp. (°C)
PC	2345	62	120
Polyester	2415	76	125
Phenolic	3100	62	160
Epoxy	2480	83	145

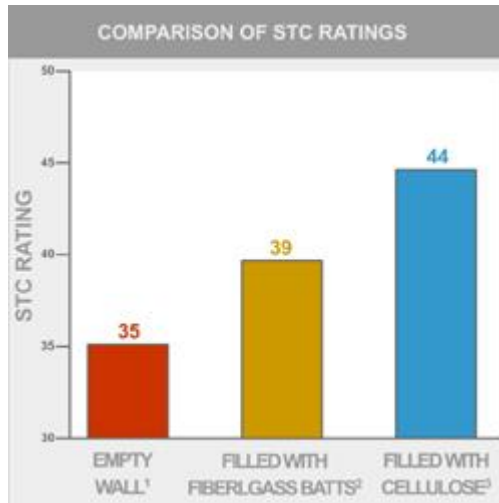


2.5. Nanoselulosa

Nanoselulosa merupakan selulosa yang diameternya berukuran nano. Nanoselulosa berbeda dengan selulosa alami karena nanoselulosa memiliki sifat-sifat yang khas seperti sangat kuat, rasio permukaan terhadap volume yang besar, kemampuan mengikat air yang tinggi, kekuatan tarik yang tinggi, jaringan yang halus, dan sangat porous (Farid, 2018). Berdasarkan metode sintesisnya nanoselulosa digolongkan menjadi tiga yaitu, *Microfibrillated Cellulose* (MFC)/*Nanofibrillated Cellulose* (NFC), *Nanocrystalline Cellulose* (NCC), dan *Bacterial Nanocellulose* (BNC) (Klemn *et al.* 2011). MFC atau NFC disintesis dari pulp kayu yang kemudian mengalami proses *pre-treatment* (enzimatik, kimia, atau mekanik) dan proses homogenisasi, NCC disintesis dari pulp kayu yang kemudian mengalami proses *grinding*, hidrolisis asam dan separasi, sedangkan BNC disintesis dari gula atau alkohol dengan menggunakan bantuan mikroba, contohnya *Gluconacetobacter*. Ukuran diameter MFC atau NFC biasanya berkisar antara 5-60 nm dengan panjang beberapa mikrometer, ukuran diameter NCC biasanya berkisar 5-70 nm dengan panjang 100-250 nm, sedangkan ukuran diameter BNC biasanya berkisar 20-100 nm (Klemn 2011). Selain itu nanoselulosa memiliki kemampuan insulasi suara yang baik sehingga ketika dijadikan sebagai bahan insulasi maka partikel nano akan terdispersi menjadi satu dengan matriks dan menghasilkan nilai insulasi suara yang baik pada material. Nanoselulosa terdispersi kedalam matriks dan mengisi rongga-rongga yang ada pada matriks, lalu nanoselulosa yang memiliki ukuran partikel sangat kecil meningkatkan kemungkinan suara yang mengenai material terserap dan diubah dengan energi kinetik oleh setiap permukaan partikel yang terkena energi suara, semakin banyak permukaan partikel yang terkena maka akan semakin baik dalam penyerapannya. Selanjutnya manfaat dari nanoselulosa sangat berguna dalam industri kendaraan ringan yang sebagaimana perusahaan Ford sedang kembangkan, gunanya adalah karena nanoselulosa mampu membentuk interior kendaraan yang ringan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

karena sifatnya yang membentuk busa dan aerogel sehingga menghasilkan kendaraan ringan dan lebih murah. (Shatkin, 2014)



Gambar 2.2. Perbandingan STC Nanoselulosa (Shatkin, 2014)



Gambar 2.3. Kumpulan Nanoselulosa (Alan, 2012)



2.6. Hukum Percampuran

Sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu : struktur, jenis, daya lekat, bentuk geometris dan rasio perbandingan, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Sulistijono,2012)

Total massa dari komposit ialah jumlah dari massa fiber dan matriks, dituliskan dengan persamaan:

$$M_c = m_m + m_f \quad (2.2)$$

$$\rho_c \cdot V_c = \rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f \quad (2.3)$$

sehingga didapatkan massa jenis dari komposit:

$$\rho_c = (\rho_m \cdot V_m + \rho_f \cdot V_f) / V_c \quad (2.4)$$

apabila di rubah kedalam fraksi massa persamaannya menjadi:

$$\rho_c = 1 / (m_f/\rho_f + m_m/\rho_m) \quad (2.5)$$

dapat dituliskan dengan persamaan:

$$M_f + M_m = 1 \quad (2.6)$$

Dimana:

M_c : massa komposit (gr)

V_c : volume komposit (cm³)

ρ_c : massa jenis komposit (gr/cm³) m_f : massa fiber (gr)

V_f : volume fiber (cm³)

ρ_f : massa jenis fiber (gr/cm³)

m_m : massa matriks (gr)

V_m : volume matriks (cm³)



ρ_m : massa jenis matriks (gr/cm^3)

M_f : fraksi massa fiber

M_m : fraksi massa matriks

2.7. Gelombang Suara

Akustika adalah ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan bunyi, berkenaan dengan indera pendengaran serta keadaan ruangan yang mempengaruhi bunyi. (Gabriel, 2001 :163). Bunyi serupa dengan suara. Dalam bahasa Inggris bunyi disebut Sound, sedangkan suara disebut voice. Dari sudut bahasa bunyi tidak sama dengan suara oleh karena bunyi merupakan getaran yang dihasilkan oleh benda mati sedangkan suara merupakan getaran yang dihasilkan oleh getaran (bunyi) yang keluar dari mulut atau dihasilkan oleh makhluk hidup. Namun dari sudut fisika, bunyi maupun suara keduanya sama, oleh karena keduanya sama-sama merupakan getaran. (Gabriel, 2001 :163).

2.7.1. Frekuensi Bunyi

Telinga normal manusia tanggap terhadap bunyi di antara jangkauan (*range*) frekuensi audio sekitar 20 sampai 20.000 Hz. Jangkauan ini dan jangkauan frekuensi lain dari bermacam-macam sumber bunyi, jangkauan frekuensi audio orang yang berbeda umurnya juga berbeda. Dan dengan bertambahnya umur batas atas turun dengan banyak. Peranan frekuensi yang lebih tinggi dari 10.000 Hz dapat diabaikan dalam inteligibilitas pembicaraan atau kenikmatan musik. Kebanyakan bunyi (pembicaraan, musik, bising) terdiri dari banyak frekuensi, yaitu komponen-komponen frekuensi rendah, tengah, dan medium. Karena itu amatlah penting memeriksa masalah-masalah akustik meliputi spektrum frekuensi yang dapat didengar. Frekuensi standar yang dipilih secara bebas sebagai wakil yang penting dalam akustik lingkungan adalah 125, 250, 500, 1000, 2000, dan 4000 Hz atau 128, 256, 512, 1024, 2048 dan 4096 Hz. (Leslie L. Doelle. 1985:15)



2.7.2. Tekanan dan Intensitas Bunyi

Apabila gelombang bunyi melalui suatu medium, maka gelombang bunyi mengadakan suatu penekanan. Satuan tekanan bunyi adalah mikro bar ($0,1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ dyne/cm}^2$) ($1 \text{ mikro bar} = 10^{-6} \text{ atmosfer}$) (Gabriel, 2001 :163). Penyimpangan dalam tekanan atmosfer yang disebabkan getaran partikel udara karena adanya gelombang bunyi yang disebut tekanan bunyi. Telinga tanggap terhadap jangkauan tekanan bunyi yang sangat lebar, walaupun tekanannya sendiri kecil.

Skala standar yang digunakan untuk mengukur tekanan bunyi dalam akustik fisis mempunyai jangkauan yang lebar, yang menyebabkan susah digunakan. Tingkat tekanan bunyi diukur oleh meter tingkat bunyi yang terdiri dari mikrofon, penguat dan instrumen keluaran atau (*Output*) yang mengukur tingkat tekanan bunyi efektif dalam desibel.

Intensitas merupakan mengalirnya energi bunyi per unit waktu melalui luas suatu medium (luas) di mana arah gelombang bunyi tegak lurus dengan medium. (Gabriel, 2001: 169). Intensitas I gelombang yang merambat didefinisikan sebagai jumlah rata-rata energi yang dibawa persatuan waktu oleh gelombang per satuan luas permukaan yang tegak lurus pada arah rambatan. Singkatnya intensitas ialah daya rata-rata yang dibawa per satuan luas.

2.7.3. Pemantulan Bunyi (Refleksi)

Sama halnya dengan gelombang pada umumnya, bila gelombang bunyi sampai ke suatu permukaan, maka sebagian gelombang bunyi akan dipantulkan dan sebagian yang lain akan ditransmisikan. Peristiwa ini terjadi ketika suatu bunyi diudara menumbuk suatu permukaan padat atau cair. Berkas yang terpantul membentuk sudut dengan garis normal permukaan yang besarnya sama dengan sudut berkas datang, sebaliknya berkas yang ditransmisikan akan dibelokkan atau menjauh dari garis normal, bergantung pada medium. Pemantulan bunyi mengikuti hukum pemantulan yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul. (Tipler, 1991:532)



2.7.4. Penyebaran Bunyi (Difusi)

Bila tekanan bunyi di suatu auditorium sama dan gelombang bunyi dapat merambat dalam semua arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama atau homogen, dengan perkataan lain, terjadi penyebaran bunyi dalam ruang tersebut. Penyebaran atau difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruang tertentu, karena ruang-ruang itu membutuhkan distribusi bunyi yang merata dan menghalangi terjadinya cacat akustik yang tak diinginkan.

2.7.5. Difraksi Bunyi

Seperti masalah cahaya, gelombang bunyi melengkung mengelilingi rintangan dikenal dengan nama difraksi. Oleh sebab itu bunyi dapat didengar di sekitar sudut ruang. Peristiwa difraksi pada bunyi lebih nyata dari cahaya oleh karena panjang gelombang bunyi audio lebih besar/panjang dari pada cahaya tampak. Nama umum bagi peristiwa difraksi bunyi adalah *skater* (hamburan bunyi) (Gabriel, 2001 :172). Difraksi adalah gejala akustik yang menyebabkan gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan sekeliling penghalang, seperti sudut, kolom, tembok dan balok. Pembelokan gelombang bunyi sampai batas tertentu terjadi ketika sebagian muka gelombang dibatasi.

2.7.6. Penyerapan Bunyi

Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini sangat kecil, sedangkan kecepatan perambatan gelombang bunyi tidak dipengaruhi oleh penyerapan. Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisiensi penyerapan bunyi. Koefisiensi penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi yang datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Koefisiensi ini dinyatakan dalam huruf greek α . Nilai α dapat berada antara 0 dan 1 (Doelle, 1972).



2.8. Sound Transmission Loss

Suara adalah gelombang tekanan yang berubah-ubah dengan cepat melalui suatu medium. Ketika suara bergerak melalui udara, tekanan atmosfer bervariasi secara berkala. Jumlah variasi tekanan per detik disebut frekuensi suara, dan diukur dalam Hertz (Hz) yang didefinisikan sebagai siklus per detik. Semakin tinggi frekuensinya, semakin tinggi suara yang dirasakan. Suara yang dihasilkan oleh drum memiliki frekuensi yang jauh lebih rendah daripada suara yang dihasilkan oleh peluit. Sifat lain dari suara atau suara adalah kenyaringan. Suatu suara keras biasanya memiliki variasi tekanan yang lebih besar dan yang lemah memiliki variasi tekanan yang lebih kecil. Variasi tekanan dan tekanan dinyatakan dalam Pascal, disingkat sebagai Pa, yang didefinisikan sebagai N / m^2 (Newton per meter persegi). Telinga manusia dapat merasakan berbagai tekanan suara yang sangat luas. Suara paling lembut yang dapat dideteksi telinga manusia normal memiliki variasi tekanan 20 Pascals mikro, disingkat sebagai μPa , yaitu $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ ("*20 millionth of a Pascal*") dan disebut *Threshold of Hearing*. Di sisi lain, tekanan suara yang dekat dengan beberapa peristiwa yang sangat bising seperti peluncuran pesawat ulang alik dapat menghasilkan variasi tekanan yang besar pada jarak pendek sekitar 2000 Pa atau $2 \times 10^9 \mu\text{Pa}$. Cara yang lebih sederhana adalah menggunakan skala logaritmik untuk kenyaringan suara atau suara, menggunakan 10 sebagai basis. Berikut ini adalah pengenalan singkat dari logaritma umum ke basis 10. Untuk menghindari pengekspresian suara atau bunyi dalam hal Pa, yang dapat melibatkan beberapa angka yang tidak dapat dikelola, skala desibel atau dB digunakan. Skala ini menggunakan ambang pendengaran $20 \mu\text{Pa}$ atau $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ sebagai tingkat referensi. Ini didefinisikan sebagai 0 dB. Tingkat tekanan suara, yang sering disingkat SPL atau L_p , dalam desibel (dB), kemudian dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut (Hawkins, 2014).



$$STL(dB) = 20 \log_{10} \frac{\text{Tekanan suara terukur}}{\text{Tekanan Referensi}} \quad (2.7)$$

Perbedaan antara energi suara di satu sisi dinding atau lantai dan yang terpancar dari sisi kedua/sisi lainnya (keduanya dinyatakan dalam desibel) disebut dengan Sound Transmission Loss (STL). Semakin besar Sound Transmission Loss (dalam desibel), semakin kecil jumlah energi suara yang lewat dan akibatnya, semakin sedikit suara yang didengar. STL tergantung pada frekuensi. Frekuensi rendah melewati dinding / lantai jauh lebih mudah daripada frekuensi tinggi. Itu sebabnya gitar bass dan drum suara dari unit yang berdekatan mudah didengar. Persepsi kenyaringan tidak berkurang pada tingkat yang sama dengan penurunan energi suara. Misalnya, 10 desibel penurunan energi suara akan dianggap sebagai separuh dari kenyaringan. Dalam situasi praktis, perbedaan terkecil yang dapat dideteksi orang dengan mudah adalah sekitar tiga desibel. Di mana berbagai sistem dibandingkan, variasi satu atau dua desibel akan memiliki sedikit perbedaan yang dapat dideteksi. Lihat Tabel 2.2 untuk persepsi subjektif energi suara dalam desibel (MRTFC , 2018).

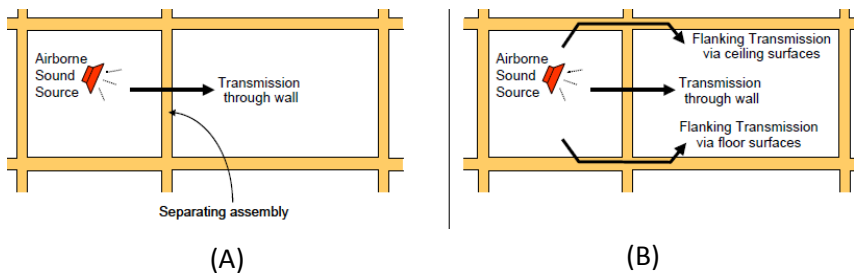
Tabel 2.2. Persepsi Subjektif Energi Suara

Perubahan dalam dB	Persepsi Subjektif	Perubahan Energi Suara %
0 – 3	Hampir tidak bisa dirasakan	50
4 – 5	Terasa dan signifikan	69
6	Tingkat suara yang dirasakan $\frac{1}{4}$ kurang dari suara aslinya	75
7 – 9	Penurunan besar dalam tingkat suara	87
10	Suara yang dihasilkan adalah $\frac{1}{2}$ lebih sedikit dari uara aslinya	90



2.8.1 Sound Transmission Loss Melalui Banyak Jalur

Pendekatan paling sederhana untuk transmisi suara antara ruangan yang berdekatan di gedung hanya mempertimbangkan transmisi suara melalui dinding atau lantai yang terpisah. Perspektif ini telah ada dalam aturan bangunan Amerika Utara, yang selama beberapa dekade hanya mempertimbangkan peringkat untuk perakitan terpisah: *Sound Transmission Class* (STC) atau *Field Sound Transmission Class* (FSTC) untuk sumber udara dan *Impact Insulation Class* (IIC) untuk suara langkah kaki. Tersirat dalam pendekatan ini (diilustrasikan pada Gambar 2.3) adalah asumsi sederhana bahwa suara hanya ditransmisikan melalui kumpulan pemisah yang jelas - perakitan dinding yang memisahkan ketika ruang-ruang berada di sisi samping, atau unit lantai / langit-langit ketika ruangan berada di atas- yang lain. Jika insulasi suara tidak memadai, ini disebabkan oleh kesalahan baik dalam desain perakitan terpisah atau pengerjaan dari mereka yang membangunnya, dan remediasi memfokuskan pada perakitan. Sayangnya, paradigma ini masih umum di kalangan desainer dan pembangun di Amerika Utara (Hoeller, 2017).



Gambar 2.4. (A) Asumsi terjadinya Sound Transmission Loss, (B) Sound Transmission Loss yang sebenarnya (Hoeller, 2017)



2.8.2 Cara Meningkatkan STL

1. Meningkatkan Massa/ Ketebalan

Peningkatan Sound Transmission Loss diharapkan dengan meningkatnya massa dinding atau sistem langit-langit karena semakin berat elemen semakin bergetar dalam menanggapi gelombang suara, maka, energi suara yang lebih sedikit akan terpancar di sisi lain.

2. Kontruksi Rongga

Salah satu cara paling efektif untuk meningkatkan kehilangan transmisi suara adalah dengan menggunakan konstruksi lapisan ganda, yaitu dua lapisan material yang dipisahkan oleh ruang udara. Sistem rongga ideal ini tidak akan memiliki hubungan struktural antara lapisan. Rongga memberikan pengurangan kebisingan yang meningkat karena hanya sebagian kecil dari energi bunyi yang ditransmisikan melalui permukaan, kemudian rongga dan lagi permukaan lain.

3. Material Absortif

Mengisi rongga dengan bahan isolasi absorptive (serat selulosa, serat kaca atau wol mineral) dapat meningkatkan STL secara substansial, terutama ketika rongganya besar. Bahan penyerap suara harus minimal memiliki tebal 50 mm dan kepadatan minimum 12kg / m³. Batts lebih tebal dari dua pertiga dari dinding atau lantai / langit-langit lebar atau kedalaman rongga memberikan sedikit peningkatan tambahan dalam STC. Menambahkan bahan absorpsi ke rongga hanya menguntungkan jika koneksi struktural antara permukaan tidak mengirimkan energi getaran. Misalnya, penambahan insulasi antara giwang dari dinding papan tunggal (dinding papan kayu dengan pelapis yang dipasang langsung ke kedua permukaan kancing) memiliki pengaruh yang kecil karena tidak mengubah jalur transmisi getaran langsung yang dominan melalui kancing.



2.9 Sound Transmission Class

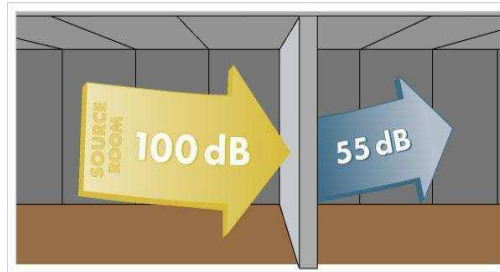
adalah metode penilaian STL udara dari dinding atau lantai / perakitan langit-langit pada frekuensi yang berbeda dengan menggunakan nomor tunggal. STC ditentukan dari nilai-nilai STL dari suatu perakitan dan diperoleh dari sistem yang diuji di laboratorium. Regulasi Suara – *Building Code of Australia (BCA)*: Kode Bangunan Australia, menominasikan persyaratan STC minimum untuk dinding dan lantai antara tempat tinggal atau unit yang berdekatan dan sekitar layanan pipa.

Tabel 2.3. Syarat Minimum BCA

Lokasi Tembok/Lantai	Penilaian STC minimal
Lantai diantara unit -	STC 45
Unit diantara tembok-	
Layak huni VS Layak Huni	STC 45
Layak huni VS Area basah	STC 50 + Syarat Impact
Area basah VS Area basah	STC 45
Tembok diantara layanan pipa dan unit -	STC 30
Catatan: 1. Semua STC ditentukan dalam kesesuaian dengan AS1276 2. Layak huni meliputi ruang tidur, aula dan ruang makan, dll 3. Area basah adalah kamar mandi, WC, Ruang cuci, dll	

2.10 Cara Pengujian Sound Transmission Class

Sound Transmission Loss, (STL) dan *Sound Transmission Class* (STC) adalah dua parameter yang digunakan dalam bidang akustik untuk mengetahui seberapa kuat sebuah dinding untuk menyerap suara yang merambat melalui udara.



Gambar 2.5. Ilustrasi *Sound Transmission Loss* (Sumoro, 2007)

Gambar 2.4. menunjukkan adanya sumber suara yang datang sebesar 100 dB, namun yang terdengar di ruangan sebelah hanya 55 dB. Kondisi ini menunjukkan bahwa dinding tersebut mempunyai $STC = 100 - 55 = 45$ dB (Sumoro 2007). Untuk memudahkan dalam menentukan besarnya penyerapan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal *Sound Transmission Class* yang dilakukan dari pengukuran TL dengan filter 1/3 oktaf pada rentang frekuensi 125 Hz s.d. 4000 Hz. Nilai STC ditetapkan berdasarkan baku mutu ASTM E 413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) . Deskripsi dari nilai STC adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4. Klasifikasi nilai STC

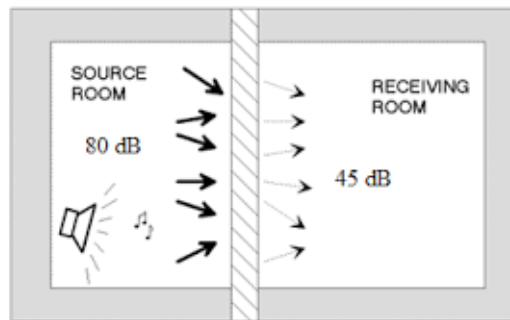
No.	Nilai STC	Keterangan
1	50-60	Sangat bagus sekali, suara Keras terdengar lemah/tidak sama sekali
2	40-50	Sangat bagus, suara terdengar lemah
3	35-40	Bagus, suara keras terdengar tetapi harus lebih didengarkan
4	30-35	Cukup, suara keras cukup terdengar
5	25-30	Jelek, suara normal mudah atau jelas didengar
6	20-25	Sangat jelek, suara pelan dapat terdengar.



Untuk mengetahui harga dari I tersebut, ada beberapa metode pengukuran yang dapat dilakukan yaitu:

1. Metode *Reverberation Room*

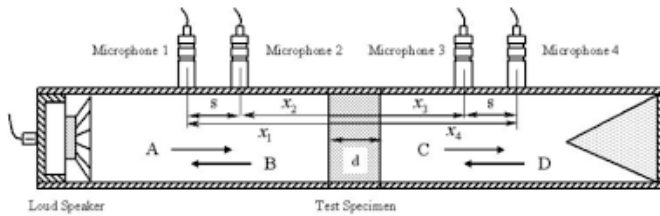
Dalam metode tes ini, *Sound Transmission Loss* didefinisikan sebagai perbedaan antara tingkat tekanan suara rata-rata dari ruang sumber bunyi dan ruang penerima. Proses terjadinya *Sound Transmission Loss* pada material akustik seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.6. Proses terjadinya *sound transmission loss* pada material akustik (Sumoro, 2007)

2. Metode Tabung Impedansi

Metode ini menggunakan sebuah tabung dan 4 buah mikrofon sebagai sensor penangkap bunyi. Metode pengukuran ini mengacu pada standar ASTM E2611-09. Gambar 2.6. menunjukkan skema diagram tabung impedansi untuk mengukur *sound transmission loss*.



Gambar 2.7. Tabung impedansi untuk pengukuran *Sound Transmission Loss* (Sumoro, 2007)

Satu set dari dua mikrofon dipasang di *up streamtube* dan satu set dari dua mikrofon dipasang di *down streamtube* sehingga pengukuran dari kedua insiden dan refleksi gelombang dapat dicapai. Tekanan bunyi pada posisi masing-masing mikrofon dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$p_1 = Ae^{-j k x_1} + Be^{j k x_1} \dots\dots\dots (1)$$

$$p_2 = Ae^{-j k x_2} + Be^{j k x_2} \dots\dots\dots (2)$$

$$p_3 = Ce^{j k x_3} + De^{j k x_3} \dots\dots\dots (3)$$

$$p_4 = Ce^{j k x_4} + De^{j k x_4} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

A,B,C,D = Amplitudo tegangan (Volt)

k = Nomor gelombang (m^{-1})

x_1 = Jarak antara sampel dan mikropon 1 (m)

x_2 = Jarak antara sampel dan mikropon 2 (m)

x_3 = Jarak antara sampel dan mikropon 3 (m)

x_4 = Jarak antara sampel dan mikropon 4 (m)

Sehingga transfer fungsi akustik kompleks antara keempat mikropon ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_{12} = p_2/p_1 \dots\dots\dots (5)$$

$$H_{34} = p_4/p_3 \dots\dots\dots (6)$$



Dan rasio auto-spectrum antara upstream tube dan downstream tube yaitu:

$$H_t = \sqrt{S_d/S_u} \dots \dots \dots (7)$$

Maka nilai *sound transmission loss* nya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$TL = 20 \text{ Log } \frac{e^{jks-H_{12}}}{e^{jks-H_{34}}} - 20 \text{ Log } H_t \dots \dots \dots (8)$$

dimana:

TL = *Transmission Loss* (dB)

K = Nomor gelombang

s = Selisih antara jarak 2 mikropon, $|x_1-x_2| = |x_3-x_4|$

H_{12} = Rasio tekanan bunyi antara mikropon 1 dan 2

H_{34} = Rasio tekanan bunyi antara mikropon 3 dan 4

H_t = Rasio auto-spectrum antara Upstream tube dan downstream tube.

2.11. Penelitian Terdahulu

Telah banyak penelitian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Komposit poliester berpenguat bambu-rami, nilai α serat rami mencapai 0.836 pada frekuensi 125 Hz. Serat bambu mencapai nilai α 0.972 pada frekuensi 1000Hz. Terdapat kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu. (Farid dan Hosta, 2015). Untuk komposit dengan serat kelapa, nilai koefisien absorpsi suara dengan matriks Fenol Formaldehide bervariasi tergantung pada rentang frekuensinya. Nilai koefisien absorpsi suara semuanya berada di atas 0,15 yang merupakan syarat minimal material dikategorikan sebagai material akustik berdasarkan ISO 354 dan ISO 11654. Absorpsi komposit terbaik dicapai oleh PU (50PPG:50PPI)-5%K sebesar 0.444 pada frekuensi 2000Hz (Farid dan Rani, 2016). Penambahan fraksi berat merubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada SR poros murni. Semakin besar fraksi berat mikro



selulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan penambahan filler nano selulosa akan menyebabkan penurunan nilai α pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai α tertinggi pada 6% berat dengan nilai α pada frekuensi 4000 Hz sebesar 0,425 (Farid dan Afira, 2017). Tabel 2.5 menunjukkan penelitian yang telah dilakukan mengenai material penyerap suara.



Tabel 2.5. Penelitian yang telah dilakukan mengenai material penyerap suara.

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian Absorpsi Suara
Farid, Tri (2013)	Rami dan Poliester	-	Frekuensi 1255 Hz, nilai α sebesar 0.835
Farid dan Hosta (2015)	Bambu – Rami dan Poliester	-	a. Dengan aspek rasio 90, nilai α serat rami mencapai 0.836 pada frekuensi 125 Hz b. Serat bambu mencapai nilai α 0.972 pada frekuensi 1000 Hz
Farid dan Nabilla (2015)	Rami – Bambu Betung dan Gypsum	Hand lay – Up	a. Frekuensi 500 Hz, nilai α sebesar 0.372 b. Frekuensi 1000 Hz, nilai α sebesar 0.386 c. Frekuensi 2000 Hz, nilai α sebesar 0.412 d. Frekuensi 4000 Hz, nilai α sebesar 0.44
Farid dan Rani (2016)	Serat Kelapa dan Poliurethane	Penuangan	Frekuensi 2000 Hz nilai α sebesar 0,444
Farid dan Afira (2017)	Serat Nanoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Sillicon Rubber	Penuangan	Frekuensi 4000 Hz nilai α sebesar 0.425
Limin et al (2014)	Serat Kayu dan Poliester	-	Frekuensi 4660 Hz nilai α sebesar 0.97

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.12. Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)

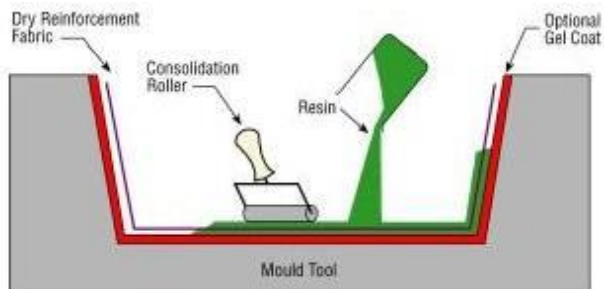
a) *Contact Molding/ Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

Kelebihan penggunaan metode ini:

- Mudah dilakukan
- Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- Volumennya rendah

Pada metode *hand lay up* ini resin yang paling banyak di gunakan adalah poliester dan epoksi. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.7.

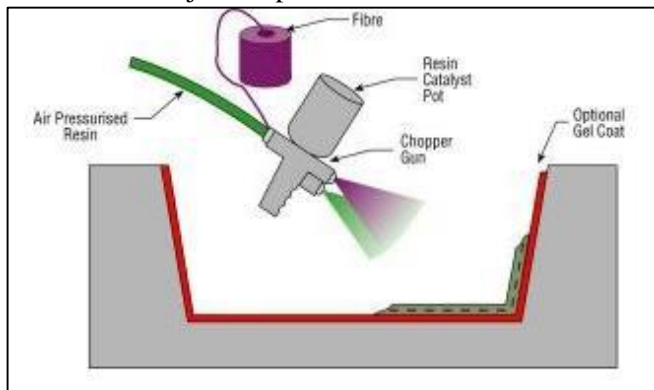


Gambar 2.8. Proses *Hand Lay Up* (David, 2010).



a) Spray-Up

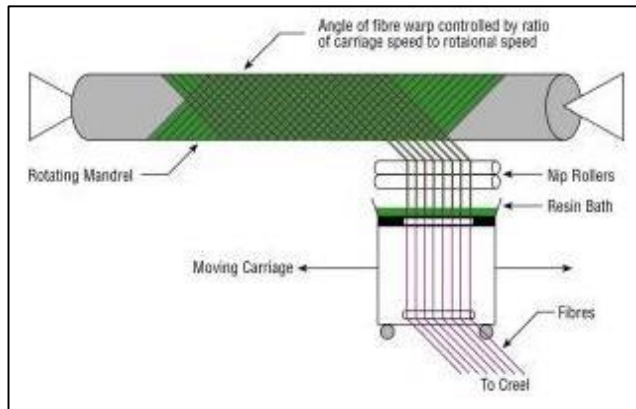
Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari hand lay-up. Proses spray-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fibre*) yang telah melewati tempat pemotongan (*chopper*). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan spray-up telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9. Proses Spray-Up (David, 2010).

b) Filament Winding

Fiber tipe roving atau *single strand* dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan *fiber* sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoseting yang biasa di gunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.9.

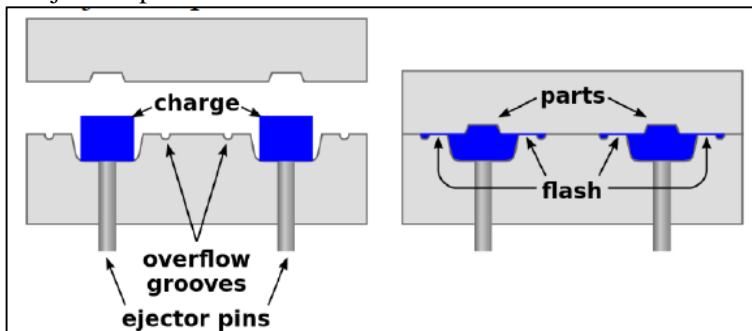


Gambar 2.10. Proses *Filament Winding* (David, 2010).

2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)

a) Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.10.

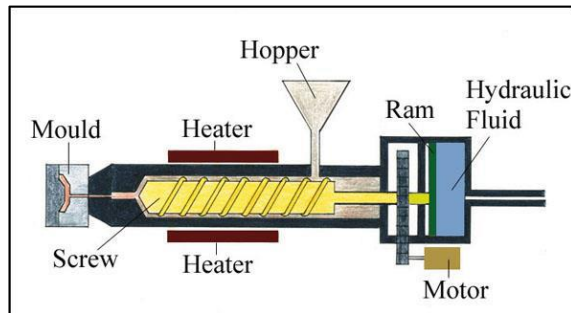


Gambar 2.11. Proses *Compression Molding* (Zulfa,2017)



a) *Injection Molding*

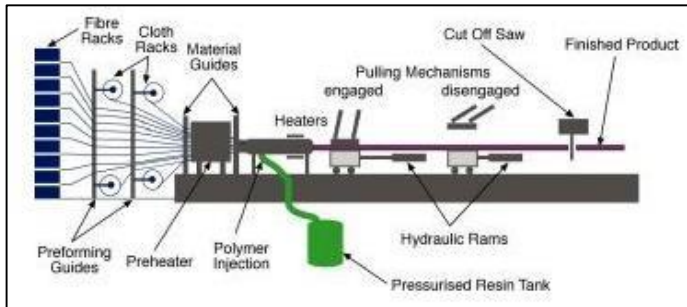
Metode *injection molding* juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. *Fiber* dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperatur dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.12. Proses *Injection Molding* (Zulfa, 2017)

b) *Continuous Pultrusion*

Fiber jenis *roving* dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau *creel* melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.13. Proses *Countiuous Pultrusion* (David, 2010).

2.11. Door Trim pada Mobil

Untuk melestarikan sumber daya alam dan menghemat energi, pengurangan berat telah menjadi fokus utama perancang dan produsen mobil dalam skenario ini. Penurunan berat *body* dapat dicapai terutama oleh penelitian bahan yang lebih baik, optimasi desain dan proses manufaktur yang lebih baik. Karena kenaikan permintaan kendaraan ringan dan lebih efisien dan kinerja mekanik material yang lebih baik dalam aplikasi otomotif, kombinasi material yang berbeda seperti komposit, plastik dan logam ringan diimplementasikan pada bagian struktural kendaraan yang berbeda. Aplikasi bahan komposit di industri otomotif sudah mencakup beberapa bagian struktural, seperti dasbor, atap, lantai, bumper depan dan belakang, sel keselamatan penumpang, dan panel pintu. Panel pintu internal mobil biasanya terbuat dari bahan yang berbeda. Berbeda dengan bahan yang digunakan pada sisi luar pintu kendaraan, material pada sisi interior melayani tujuan yang lebih besar selain hanya estetika. Panel pintu internal dari sebuah mobil memberikan kontribusi pada keseluruhan fungsi dan ergonomi perjalanan, seperti: lengan kursi, berbagai sakelar, lampu, sistem elektronik seperti kontrol jendela dan mekanisme penguncian; dll. Bahan komposit yang terbuat dari serat alami dan matriks polimer memberikan sifat sinergis, meningkatkan kekuatan dan daya tahannya. Bahan-bahan ini cocok untuk



mencapai komponen interior otomotif, di mana selain berat nya yang rendah juga memiliki kekakuan yang tinggi dan isolasi panas dan suara yang baik. Elemen internal kendaraan yang paling penting termasuk panel pintu internal mobil (Eskezia,2017). *Door Trim* pada mobil yang merupakan bagian interior mobil yang sedang gencar dikembangkan dalam pembuatan mobil masa depan. Dimana komponen interior dan eksterior mobil masa depan diharapkan mampu dengan mudah di daur ulang dalam artian resin digunakan adalah resin thermoplastic dan serat alam yang mudah diuraikan oleh alam. Selain itu juga dengan harapan mampu menekan biaya pembuatan dan juga beban total untuk mendukung mobil yang memiliki berat lebih ringan. Henry Ford pertama kali memulai sekaligus menjadi inisiator penggunaan serat alam sebagai bahan baku interior maupun eksterior mobil pada tahun 1940. Pada awalnya *Door Trim* yang di manufaktur dengan bahan polimer berbasis – Petrol mampus digantikan setelah adanya penelitian yang terus dilakukan yaitu menggunakan serat alam guna menunjang harapan kriteria mobil di masa depan, pada penelitian yang dilakukan oleh Nuno Alexander bahwa matriks mengandung serat alam 70% PLA dan 30% PHA (fraksi berat) memiliki hasil sifat properti yang terbaik untuk interior *Door Trim* mobil. Penggabungan 20% dari serat meningkatkan perilaku termal dari komposit, membuktikan bahwa adanya kemungkinan untuk menggantikan polimer berbasis bensin menjadi biokomposit ini tanpa mengorbankan perilaku mekanik interior *Door Trim* (Nuno,2013).



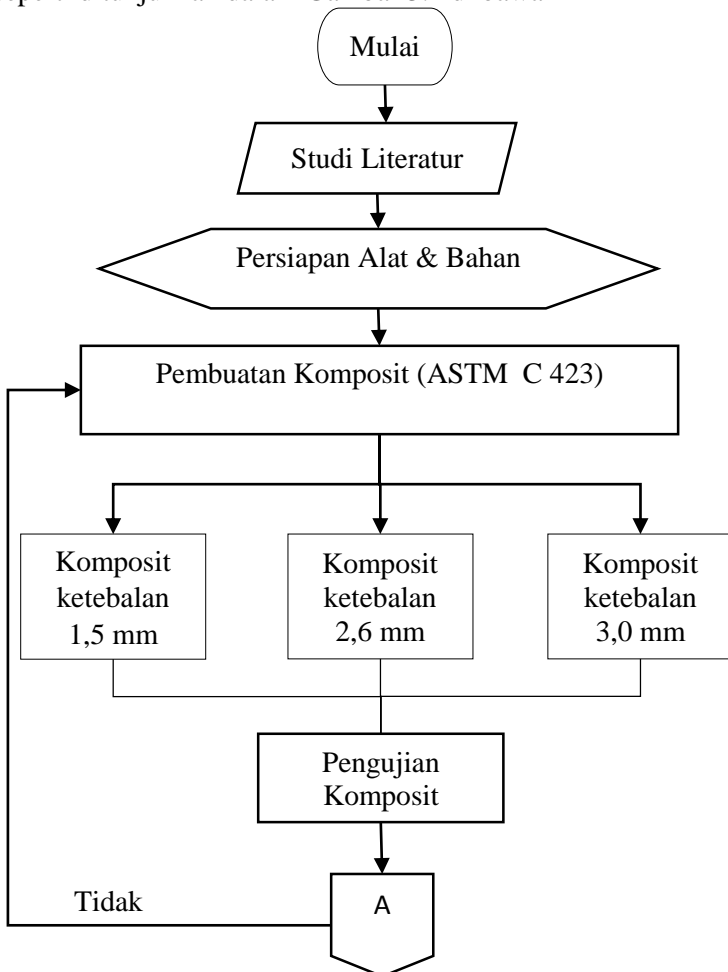
Gambar 2.14. Model *Door Trim* Mobil

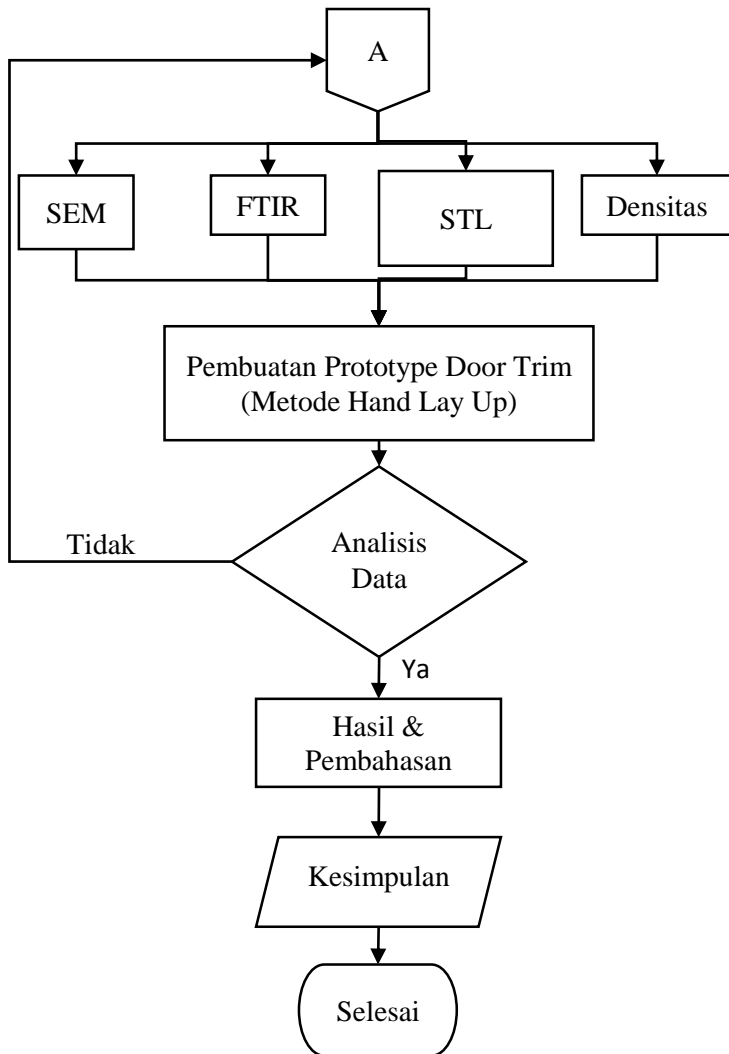
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Pelaksanaan penelitian dilakukan beberapa pengujian seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1 di bawah ini



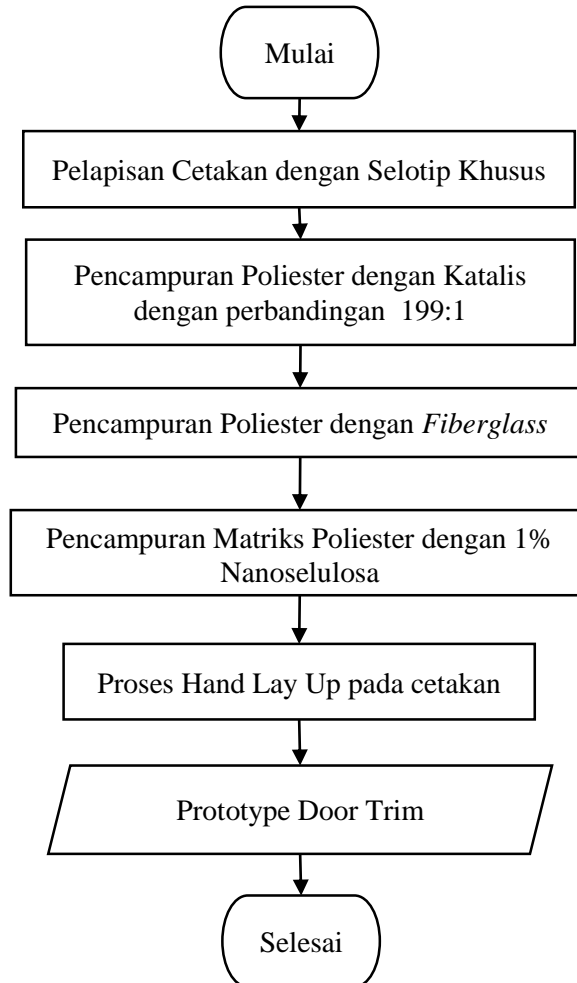


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.1.1. Diagram Alir Pembuatan Prototype

Pembuatan Prototype dilakukan dengan menggunakan metode Hand Lay Up . Diagram alir pembuatan komposit ditunjukkan oleh gambar 3.2.

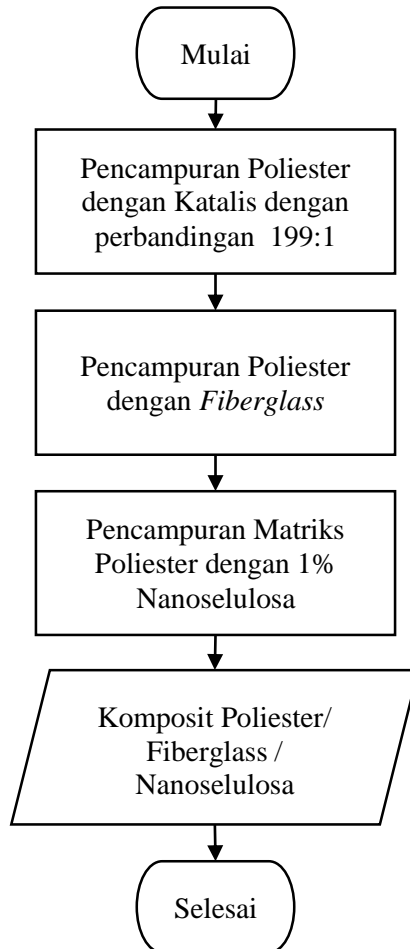


Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan Prototype



3.1.2. Diagram Alir Pembuatan Komposit

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode ASTM C 423. Pembuatan komposit dilakukan dengan mencampurkan matriks poliester dengan dan tanpa nanoselulosa. Diagram alir pembuatan komposit ditunjukkan oleh gambar 3.3.



. **Gambar 3.3.** Diagram Alir Pembuatan Komposit



3.2. Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan bahan untuk menunjang keberhasilan suatu penelitian tersebut. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.4. sampai Gambar 3.9. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Nanoselulosa

Nanoselulosa didapat dari pembelian di Blue Goose Biorefineries inc, digunakan sebagai filler dalam pembuatan komposit pada penelitian ini , ditunjukan oleh gambar 3.4.



Gambar 3.4. Nanoselulosa

2. *Unsaturated Polyester Resin* (UPR)

Resin Poliester didapatkan dari PT. ENJEKA. Resin Poliester digunakan sebagai matriks pada komposit. Resin poliester ditunjukkan oleh gambar 3.5.



Gambar 3.5. Resin Poliester

3. *Fiber Glass Woven Roving*

Fiberglass didapatkan dari PT. ENJEKA. *Fiberglass* digunakan sebagai filler pada komposit. *Fiberglass* ditunjukkan oleh gambar 3.6.



Gambar 3.6. *Fiberglass Woven Roving*

4. Katalis

Katalis didapatkan dari PT. ENJEKA. Resin Poliester digunakan sebagai matriks pada komposit. Katalis ditunjukkan oleh gambar 3.7.



Gambar 3.7. Katalis

5. *Styrene Monomer*

Styrene Monomer didapatkan dari PT. ENJEKA, digunakan sebagai pengencer pada komposit. *Styrene Monomer* ditunjukkan oleh gambar 3.8.



Gambar 3.8. Styrene Monomer

6. Vaseline

Vaseline didapatkan digunakan sebagai pelumas agar mudah memisahkan komposit dengan cetakan. Vaseline ditunjukkan oleh gambar 3.9.



Gambar 3.9. Pelumas Vaseline

3.2.2 Alat Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan peralatan untuk menunjang keberhasilan suatu penelitian tersebut. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.10 sampai Gambar 3.19. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Triplek

Triplek digunakan sebagai cetakan dalam pembuatan komposit pada penelitian ini, ditunjukkan oleh gambar 3.10.



Gambar 3.10. Triplek

2. Timbangan Digital
3. Gergaji
4. Gunting



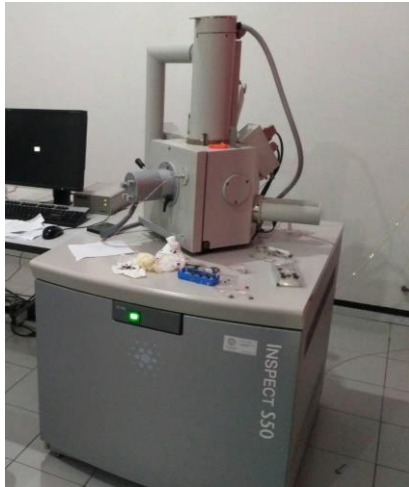
5. Meteran
6. Kuas
7. Jangka Sorong
8. Mesin pencacah yang digunakan yaitu blender merk Airlux dengan kecepatan putar 2000 rpm. Mesin pencacah ditunjukkan oleh gambar 3.11.



Gambar 3.11. Blender Airlux

9. Alat Uji SEM

Alat uji SEM yang digunakan bermerek Inspect S50 dengan spesifikasi perbesar 13 - 1000000 x milik divisi karakterisasi material di Departemen Teknik Material FTI ITS, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.12.



Gambar 3.12. Alat Uji SEM

10. Alat Uji FTIR

Alat uji FTIR yang digunakan adalah merek Nicolet iS10 dengan spesifikasi jarak spectral yaitu $7800\text{-}350\text{ cm}^{-1}$ milik divisi karakterisasi material di Departemen Teknik Material FTI ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.13.



Gambar 3.13. Alat Uji FTIR



11. Alat Uji Densitas

Alat uji densitas yang digunakan menggunakan timbangan digital, tabung ukur, dan *sample holder* (benang) di Laboratorium Departemen Teknik Material FTI-ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.14.



Gambar 3.14. Alat Uji Densitas

12. Alat Uji *Sound Transmission Loss*

Alat uji *Sound Transmission Loss* yang digunakan menggunakan timbangan beberapa instrument seperti Speaker, Mic, dan Stabilizer di Laboratorium Departemen FISIKA FIA-ITS, ditunjukkan oleh gambar 3.15 – 3.19.



Gambar 3.15. Ruang Reverbrasi



Gambar 3.16. Ruang *Semi Anchoic Chamber*



Gambar 3.17. Speaker



Gambar 3.18. Mic



Gambar 3.19. Stabilizer

3.3. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketebalan komposit yaitu 1.5 mm , 2.6 mm dan 3.0 mm.

3.4. Metode Penelitian

3.4.1. Pembuatan Prototype

Proses pembuatan komposit ditunjukkan oleh Gambar 3.20 sampai 3.22.

1. Melapisi cetakan *Door Trim* mobil dengan isolasi dan dilapisi lagi dengan pelumas Vaseline agar komposit mudah dipisahkan dari cetakan setelah jadi. Ditunjukkan oleh gambar 3.20.



Gambar 3.20. Proses Pelapisan dengan isolasi dan pelumas

2. Melapisi cetakan *Door Trim* mobil dengan *Fiberglass* dan Resin Polyester. Ditunjukkan oleh gambar 3.21.



Gambar 3.21. Proses Pelapisan dengan *Fiberglass* dan Resin Polyester

3. Proses pengeringan hingga pengerjaan prototype selesai dilakukan. Ditunjukkan oleh gambar 3.22.



Gambar 3.22. Prototype *Door Trim* mobil yang sudah jadi

3.4.2. Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit ditunjukkan oleh Gambar 3.23 sampai 3.26.

1. Menimbang massa *unsaturated polyester* dicampur dengan styrene monomer (SM) dan katalis metal etil keton peroksida. Ditunjukkan oleh gambar 3.23.



Gambar 3.23. Proses Penimbangan SM, UPR, dan Katalis

1. Menimbang massa nanoselulosa sebanyak 100 gram sebelum dicampur dengan resin polyester. Ditunjukkan oleh gambar 3.24.



Gambar 3.24. Proses Penimbangan Nanoselulosa

2. Melapisi Cetakan dengan pelumas Vaseline agar komposit dapat dengan mudah dipisahkan dari cetakan saat sudah kering.

3. Mengukur *Fiberglass* dengan ukuran 1,1 x 1,2 m² sebelum dilapisi dengan resin poliester.
4. Melapisi *Fiberglass* dengan resin poliester yang sudah di campur SM dan katalis dengan metode *handlay up*, dilakukan sama pada lapisan selanjutnya hingga ketebalan 2.6 mm dan 3.0 mm. Ditunjukkan oleh gambar 3.25.



Gambar 3.25. Proses Handlay Up pada pembuatan komposit

5. Mencampur Nanoselulosa dengan resin poliester dan melapisinya pada komposit dengan ketebalan 3.0 mm. Ditunjukkan oleh gambar 3.26.



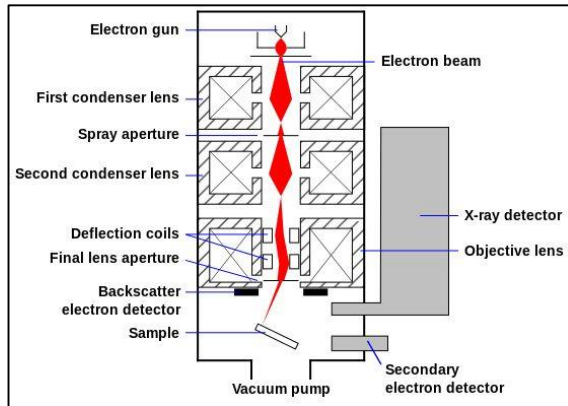
Gambar 3.26. Proses Pencampuran Nanoselulosa dengan Resin Poliester

3.4.3. Proses Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data – data yang diperlukan untuk menganalisa hasil komposit yang di buat. Ditunjukkan oleh Gambar 3.27 sampai 3.31.

3.4.3.1. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Metode SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dari suatu material berdasarkan standar ASTM E986. SEM sangat cocok digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan pembesaran berkisar antara 20 kali sampai 500.000 kali. SEM terdiri dari sebuah senapan elektron yang memproduksi berkas elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Berkas elektron tersebut dilewatkan pada beberapa lensa elektromagnetik untuk menghasilkan gambar berukuran $< \sim 10\text{nm}$ pada sampel yang ditampilkan dalam bentuk film fotografi atau ke dalam tabung layar.[Trewin, 1988]. Diagram skematik dan cara kerja SEM ditunjukkan oleh Gambar 3.27.



Gambar 3.27. Diagram skematik cara kerja SEM (Choudary, 2017)

Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada dibagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display. Sewaktu berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan yang lain membebaskan energi rendah *secondary electron* (SE). Elektron – elektron BSE dan SE yang direfleksikan dan dipancarkan sampel dikumpulkan oleh sebuah *scintillator* yang memancarkan sebuah pulsa cahaya pada elektron yang datang. Cahaya yang dipancarkan kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diperbesar oleh *photomultiplier*. Setelah melalui proses pembesaran sinyal tersebut dikirim ke bagian *grid* tabung sinar katoda. *Scintillator* biasanya memiliki potensial positif sebesar 5 –10 kV untuk mempercepat energi rendah yang dipancarkan elektron agar cukup untuk mengemisikan cahaya tampak ketika menumbuk *scintillator* (Nuha Desi, 2008).



Spesimen uji seperti ditunjukkan pada Gambar 3.28. Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20). Lalu, sampel dimasukkan dalam *specimen chamber* pada alat SEM. Perbesaran yang digunakan adalah 100 – 3000 kali.

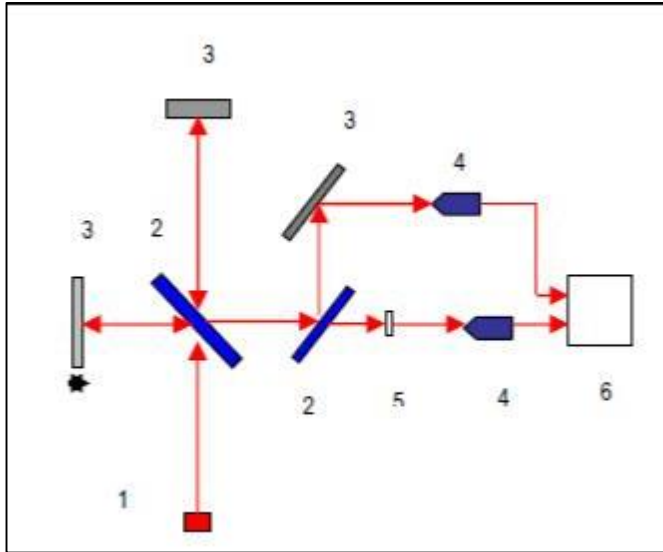


Gambar 3.28. Proses pelapisan sampel menggunakan *autofine-coater* JFC-1100

3.4.3.2. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan instrument yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam. 2007). Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Chusnul. 2011). Spektrum inframerah dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang.

Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Marcott (1986) ,Anam (2007)).



Gambar 3.29. Skema alat spektroskopi FTIR (Anam dkk, 2007)

Gambar 3.29. menunjukkan skema alat spektroskopi, angka 1 menunjukkan sumber inframerah yang ditembakkan ke pembagi berkas (*beam splitter*), lalu inframerah diteruskan ke sampel uji (5), setelah melewati benda uji kemudian melewati sensor inframerah, dan menghasilkan gambar akhir (Anam dkk, 2007). Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10. Sampel diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel.



Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.

3.4.3.3. Pengujian Densitas

Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui besarnya densitas dari spesimen. Standar yang digunakan adalah ASTM D792. Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa spesimen dalam udara dan dalam air. Spesimen ditimbang di udara kemudian ditimbang ketika direndam dalam air pada temperatur ruangan dengan menggunakan benang (*holder*) untuk menahan spesimen agar tidak menyentuh dasar bejana yang digunakan, ditunjukkan oleh Gambar 3.30. Kepadatan dan berat jenis dihitung. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen SEM. Perhitungan massa dilakukan dengan mengukur massa dengan timbangan digital



Gambar 3.30. Proses Pengujian Densitas

3.4.3.4. Pengujian *Sound Transmission Loss*

Untuk memudahkan dalam menentukan besarnya penyekatan suara maka didefinisikan suatu besaran angka tunggal *Sound Transmission Class* yang dilakukan dari pengukuran TL dengan filter 1/3 oktaf pada rentang frekuensi 125 Hz s.d. 4000 Hz. Untuk mengetahui harga dari *Sound Transmission Loss* tersebut,



ada beberapa metode pengukuran yang dapat dilakukan yaitu metode *Reverberation Room*. Dalam metode tes ini, *Sound Transmission Loss* didefinisikan sebagai perbedaan antara tingkat tekanan suara rata-rata dari ruang sumber bunyi dan ruang penerima.

Metode pengujian *Reverberation Room* untuk mengetahui nilai dari *Sound Transmission Loss* seperti yang digambarkan pada gambar 3.30, berdasarkan ASTM E336 : 97 dimana benda uji diletakkan diantara dua ruangan yang berbeda, lalu di kenankan dengan energi suara yang berasal dari alat pengeras suara (*speaker*) disalah satu ruangnya. Lalu suara yang memiliki variasi frekuensi ini direkam menggunakan *mic omnidirectional* khusus yang diletakkan di masing-masing ruangan untuk merekam energi suara yang dihasilkan yang dihubungkan langsung dengan instrumen *stabilizer* ke software *realtime analyzer* untuk mengetahui nilai dari *Sound Transmission Loss*.

3.5. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 3.1

Tabel 3.1. Rancangan penelitian

No.	Spesimen Uji	Pengujian			
		SEM	Sound Transmission Loss	FTIR	Densitas
1	Ketebalan 1.5 mm	V	V	V	V
2	Ketebalan 2.6 mm	V	V	V	V
3	Ketebalan 3.0 mm	V	V	V	V



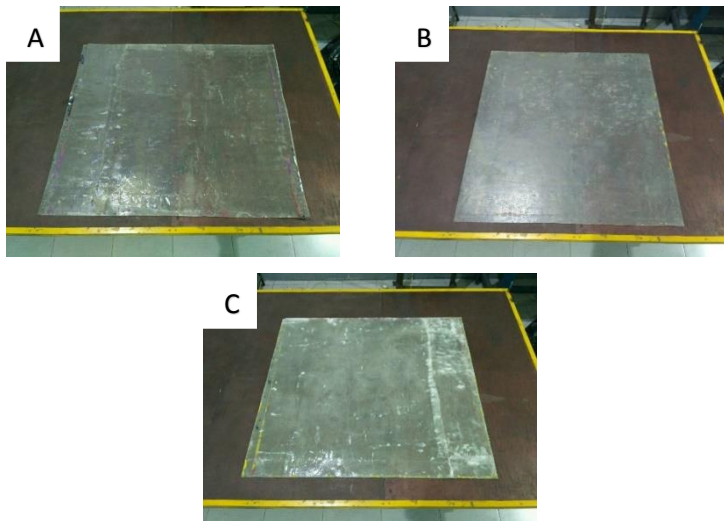
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Spesimen Komposit

Komposit di buat dengan variable ketebalan yang berbeda yaitu 1.5 mm, 2.6 mm dan 3.0 mm , menyesuaikan ketebalan *Door Trim* mobil . Nanoselulosa ditambahkan ke UPR untuk menghasilkan komposit dengan performa yang tinggi dan pengaruhnya terhadap densitas komposit. Komposit Spesimen uji di preparasi menggunakan metode ASTM C 423. Metode ini menggunakan teknik *Handlayup* untuk membentuk komposit tipe laminat dengan ukuran 1,1x1,2 m². Pengaruh penambahan nano selulosa pada komposit UPR/Nano selulosa diamati secara visual.



Gambar 4.1. Hasil Preparasi Spesimen *Sound Transmission Loss* (A) Komposit 1.5 mm, (B) Komposit 2.6 mm, (C) Komposit 3.0 mm

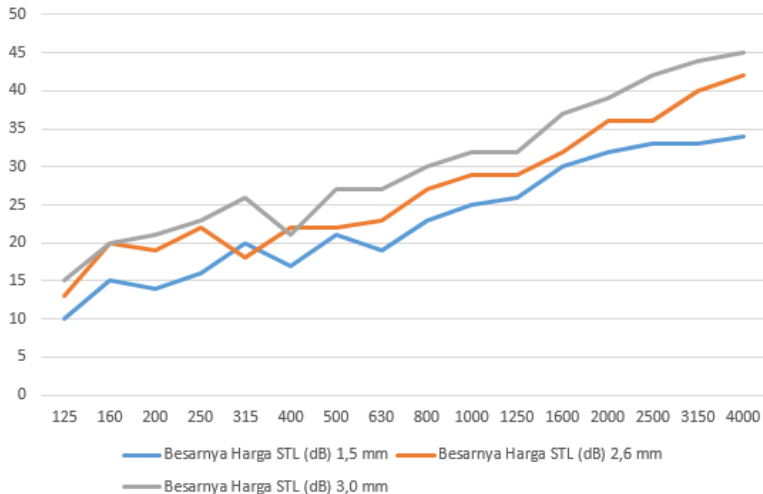


4.2. Analisis Uji Sound Transmission Class

Pengujian *Sound Transmission Loss* bertujuan untuk mendapatkan nilai *Sound Transmission Class* atau STC. Nilai STC ditetapkan berdasarkan ASTM E 413 tentang *Classification for Rating Sound Insulation* yang dikeluarkan oleh American Society for Testing and Materials (ASTM).

Tabel 4.1. Pengaruh Ketebalan terhadap nilai *Sound Transmission Loss*

Frekuensi (Hz)	Besarnya Harga STL (dB)		
	1,5 mm	2,6 mm	3,0 mm
125	10	13	15
160	15	20	20
200	14	19	21
250	16	22	23
315	20	18	26
400	17	22	21
500	21	22	27
630	19	23	27
800	23	27	30
1000	25	29	32
1250	26	29	32
1600	30	32	37
2000	32	36	39
2500	33	36	42
3150	33	40	44
4000	34	42	45
STC	25	28	30



Gambar 4.2. Pengaruh ketebalan terhadap nilai *Sound Transmission Loss* pada komposit pada berbagai frekuensi

Pada tabel tersebut menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara dari ketiga spesimen. Dimana disetiap frekuensi memiliki keunikan dalam dalam mengurangi energi suara yang di nyatakan bahwa pengurangan energi suara tiap frekuensi bersifat logaritmik sehingga tidak selalu berbanding lurus dengan frekuensi yang lain, inilah yang menyebabkan pada titik frekuensi tertentu mengalami penurunan maupun kenaikan nilai STL dan menyebabkan grafik tidak konsisten linier (Sumoro, 2007). Berdasarkan ASTM E413 bahan dengan ketebalan 1.5 mm dengan nilai STC-25 jika dikategorikan STC masuk dalam rentang 20-25 ini berarti memiliki nilai STC yang sangat kecil, apabila digunakan sebagai partisi suara pelan masih dapat terdengar. Bahan dengan ketebalan 2.6 mm dan tanpa nanoselulosa dengan nilai STC-28 jika dikategorikan STC masuk dalam rentang 25-30 bahan jika dikenakan suara normal akan mudah atau jelas terdengar dan bahan dengan ketebalan 3.0 mm dan nanoselulosa dengan nilai



STC-30 jika dikategorikan STC dalam rentang 25-30 berarti bahan jika dikenakan suara normal akan mudah atau jelas terdengar., namun jika di kategorikan dalam rentang 30-35 berarti bahan jika dikenakan suara keras maka akan cukup terdengar.

Besarnya nilai *Sound Transmission Class* diakibatkan oleh Nanoselulosa yang terdispersi kedalam matriks dan mengisi rongga-rongga yang ada pada matriks, lalu nanoselulosa yang memiliki ukuran partikel sangat kecil meningkatkan kemungkinan suara yang mengenai material terserap dan diubah dengan energi kinetik oleh setiap permukaan partikel yang terkena energi suara, semakin banyak permukaan partikel yang terkena maka akan semakin baik dalam penyerapannya (Shatkin ,2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai dari Sound Transmission Loss diantaranya adalah massa jenis, ketebalan material, porositas (Parthraj et al, 2014), selain itu semakin bertambahnya ketebalan dan massa dari lapisan juga berperan mempengaruhi nilai STC (Hasani, 2016). Peningkatan STC tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, pertama adalah pengaruh pada jalur yang dilewati oleh getaran mekanis pada komposit, hal tersebut memiliki peran penting karena apabila permukaan antara nanoselulosa dengan matriks poliester dengan kondisi tertentu seperti banyaknya rongga antara partikel ataupun kasarnya permukaan diantara keduanya mampu menyebabkan terhambur, terdifraksi, dan terefraksinya getaran mekanis energi gelombang bunyi yang melintasinya. Sebab utamanya adalah terbentuknya agregat pada penguat nanoselulosa yang menyebabkan tidak beraturannya yang mengakibatkan kasarnya permukaan yang menghambat perambatan energi gelombang suara yang melaluinya. Faktor yang lebih utama lagi adalah ketebalan dari komposit, karena semakin meningkat ketebalan komposit maka akan semakin banyak lapisan kasar antar fasa yang terbentuk dan makin sulitnya gelombang suara melintasi partikel atau komposit yang pada akhirnya energi suara yang melewati komposit berkurang dan lebih kecil dari jumlah energi sumber energi suara, sehingga nilai STC meningkat/ (Xuejun Shi, 2017).

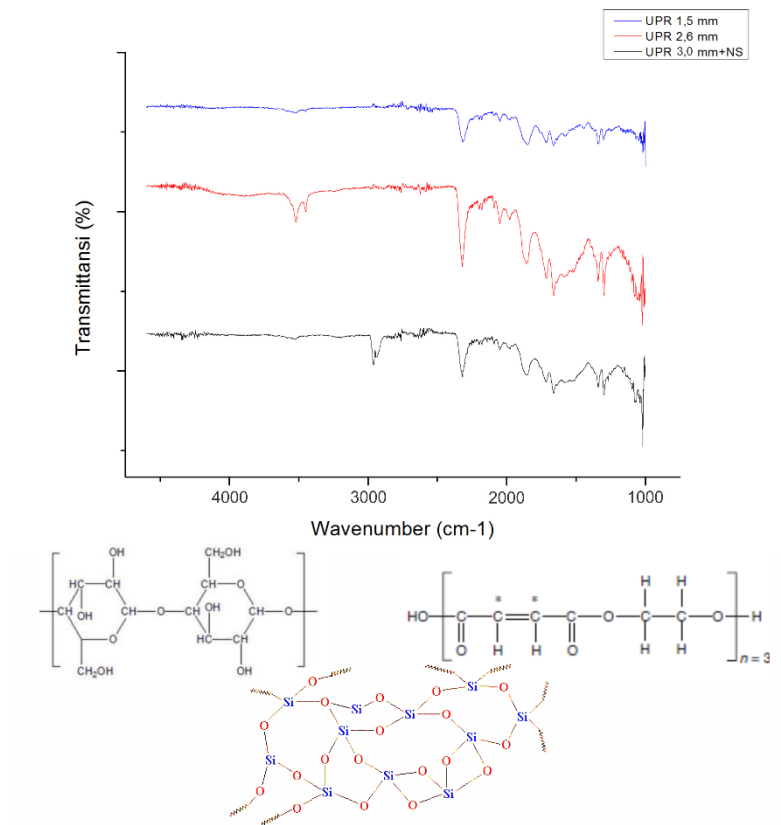


Berdasarkan data FTIR, SEM, dan Densitas yang telah didapat dan dengan dibandingkan dengan data pengujian *transmission loss*, maka dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan ketebalan pada komposit dapat menyebabkan peningkatan nilai pengujian *Sound transmission class*.

Dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan nanoselulosa dapat meningkatkan *Sound Transmission Class* dari suatu material. Menurut PerMen LH no.07 untuk standarisasi batas kebisingan kendaraan bermotor, untuk kendaraan dibawah 2 Ton batas kebisingannya adalah 81 dB dan untuk dashboard yang telah diujikan memiliki tingkat pengurangan suara hingga 30. Dapat disimpulkan pengaruh dashboard cukup signifikan dalam pengurangan suara kebisingan pada kendaraan bermotor.



4.3. Analisis Uji FTIR



Gambar 4.3. Spektrum FTIR Ketebalan 1.5 mm, Ketebalan 2.6 mm , dan ketebalan 3.0 mm



Tabel 4.2. Daerah Serapan Infra Merah *Unsaturated Polyester Resin Fiber Glass* 1.5 mm dan 2.6 mm

Daerah Serapan 1.5 mm (cm^{-1})	Daerah Serapan 2.6 mm (cm^{-1})	Daerah Serapan 3.0 mm (cm^{-1})	Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
2923.81	-	2919.44	C-H Stretching
1717.80	1718.86	1718.82	C=O Stretching
1598.32	1577.60	1598.71	C=O Stretching
1578.67	1540.70	1577.90	C=O Stretching
1488.83	1491.00	1491.13	C=C Stretching
1448.45	1448.56	1449.57	C-H Deformasi
1379.93	1378.83	1378.30	O-H deformasi
1250.19	1252.58	1255.06	C-O stretching
1114.43	1114.99	1115.69	C-O stretching
1062.01	1061.97	1061.48	C-O stretching
740.23	740.45	741.09	C-H deformasi cincin benzene
703.84	699.46	699.13	C-H deformasi
1114.43	1114.99	1115.69	Si-O

Tabel 4.2. menunjukkan daerah serapan *unsaturated polyester resin*, puncak serapan 2923.81 dan 2919.44 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami peregangan. Terdapat ikatan C=C yang mengalami peregangan pada puncak serapan 1488.83 cm^{-1} , 1491.00 cm^{-1} , dan 1491.13 cm^{-1} . Daerah serapan antara 1578.67 – 1717.80 cm^{-1} , 1540.70 – 1718.86 cm^{-1} , dan 1577.90 – 1718.82 cm^{-1} menunjukkan ikatan C=O yang mengalami peregangan. Daerah serapan 1448.45 cm^{-1} , 703.84 cm^{-1} , 1448.56 cm^{-1} , 699.46 cm^{-1} , 1449.57 cm^{-1} , dan 699.13 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H yang mengalami deformasi. Puncak serapan 1379.93 cm^{-1} , 1378.83 cm^{-1}

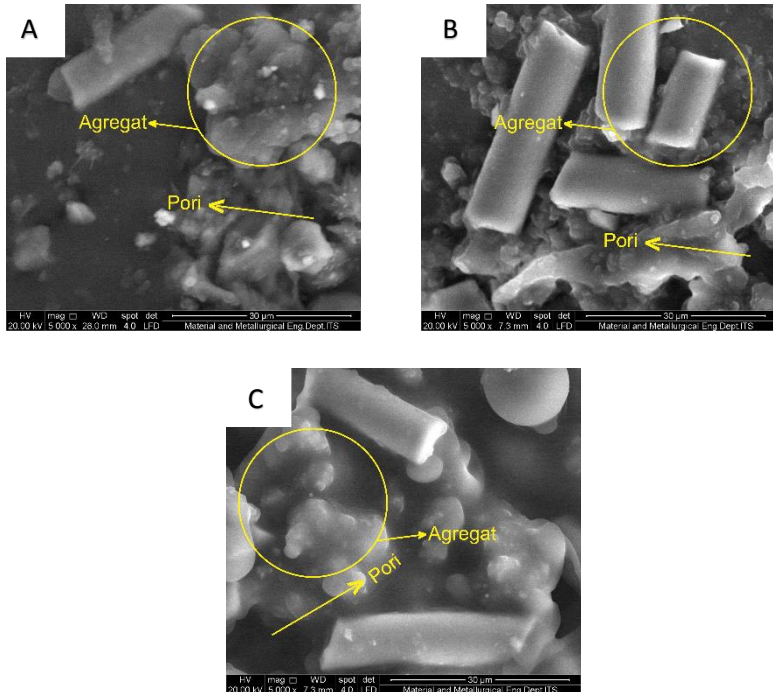


¹, dan 1378.30 adalah ikatan O-H yang mengalami deformasi. Terjadi peregangan C-O pada daerah serapan 1062.01 cm⁻¹, 1114.43 cm⁻¹, 1250.19 cm⁻¹, 1061.97 cm⁻¹, 1114.99 cm⁻¹, 1252.58 cm⁻¹, dan 1061.48 cm⁻¹, 1115.69 cm⁻¹, 1255.06 cm⁻¹. Puncak serapan 114.43 cm⁻¹, 1114.99 cm⁻¹ dan 1115.69 cm⁻¹ menunjukkan ikatan Si-O. Puncak serapan 740.23 cm⁻¹, 740.45 cm⁻¹, dan 741.09 cm⁻¹ menunjukkan deformasi C-H cincin benzene (Mistry, 2009).

UPR dicampur dengan Styrene monomer untuk mengurangi viskositas dan metil etil keton peroksida (Mekpo) untuk mempercepat reaksi *curing*. Reaksi polimerisasi diinisiasi oleh metil etil keton peroksida sebagai katalis, kemudian bereaksi dengan gugus fungsi vinyl pada molekul *styrene* menghasilkan matriks berikatan silang (Richard, 2013).

Terdapat perbedaan pada daerah serapan infra merah UPR dan komposit UPR/Nanoselulosa, tetapi ada beberapa puncak yang hampir sama dikarenakan beberapa struktur kimia yang sama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara UPR dan nanoselulosa. Dari hasil pengujian FTIR didapati semua ikatan molekul dari semua bahan, menunjukkan bahwa pada komposit terdapat bahan Poliester, *Fiberglass*, dan nanoselulosa.

4.4. Analisis SEM



Gambar 4.4. SEM Serat (A) Ketebalan 1.5 mm , (B) Ketebalan 2.6 mm, (C) Ketebalan 3.0 mm

Gambar diatas menunjukkan hasil SEM komposit UPR/*Fiberglass*/Nanoselulosa. Pada perbedaan ketebalan 1.5 mm, 2.6 mm, dan 3.0 mm terdapat perbedaan morfologi. Gambar (A),(B), dan (C) menunjukkan hasil SEM dari komposit dengan ketebalan 1.5 mm, 2.6 mm dan 3.0 mm menunjukkan bahwa terlihat adanya pori pada komposit dan penggumpalan nanoselulosa dan pori yang tidak beraturan. Hal ini disebabkan karena nanoselulosa memiliki kemampuan untuk membentuk pori



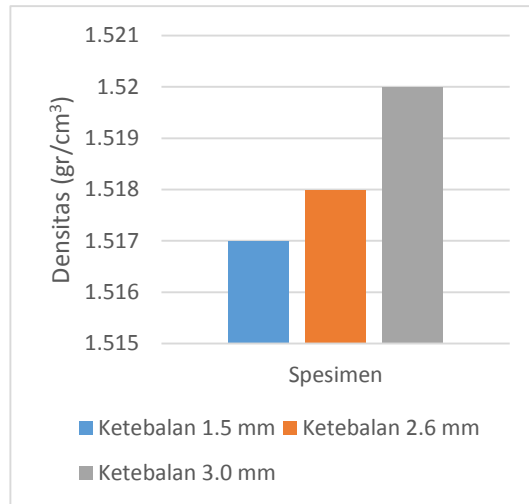
pada komposit Svagan, 2009. Hal ini terjadi karena gugus-gugus hidroksil pada nanoselulosa membentuk ikatan hidrogen yang kuat pada ikatan selulosa saat proses pengeringan sehingga terbentuk pori pada komposit (Hanieh, 2017) dan terjadi karena sifat nanoselulosa yang mudah teraglomerasi. Serat nanoselulosa terdiri dari nanopartikel, beberapa nanopartikel tersebut teraglomerasi membentuk gumpalan – gumpalan. Aglomerasi disebabkan oleh gaya tarik menarik Van Der Waals antar nanopartikel tersebut (Othman, 2012).

4.5. Analisis Densitas

Pengaruh penambahan ketebalan pada komposit UPR/Nano selulosa terhadap massa jenis komposit ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 4.3. Pengaruh ketebalan terhadap nilai densitas Komposit

No.	Spesimen	Densitas (gr/cm ³)	Densitas Teoritis (gr/cm ³)
1	Ketebalan 1.5 mm	1.517	1.745
2	Ketebalan 2.6 mm	1.518	1.727
3	Ketebalan 3.0 mm	1.523	1.742



Gambar 4.5. Pengaruh ketebalan terhadap nilai densitas komposit

Tabel dan Gambar densitas diatas menunjukkan bahwa penambahan ketebalan tidak signifikan mempengaruhi massa jenis komposit. menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan komposit tidak mempengaruhi massa jenis komposit dan densitas teoritis lebih besar dari densitas komposit. Hal ini sesuai dengan teori bahwa dengan komposisi bahan yang sama maka pencampuran antar bahan juga akan menghasilkan nilai densitas yang sama (Liliana, 2015). Dapat diketahui bahwa nilai komposit berbanding lurus dengan nilai fraksi massa dan fraksi volume dari komposit, maka dapat dinyatakan bahwa pertambahan ketebalan dari komposit akan menghasilkan nilai densitas komposit yang sama dengan syarat rasio atau perbandingan jumlah massa dan volume yang bertambah juga sama dan berlaku sebaliknya akan berbeda jika rasio jumlah dan volume yang bertambah berbeda. Pada penelitian ini, rasio jumlah fraksi massa dan volume yang bertambah adalah sama sehingga menghasilkan nilai densitas yang sama. Nilai densitas teoritis yang lebih besar dibanding dengan



densitas sebenarnya dikarenakan adanya nanoselulosa yang membentuk pori pada komposit sehingga menurunkan nilai densitas dari komposit (Heath, 2010).. Jika diperhatikan korelasi densitas dan nilai *Sound Transmission Class* (STC) maka diketahui bahwa peningkatan kepadatan sampel menyebabkan peningkatan penyerapan suara pada daerah frekuensi sedang dan tinggi. Namun pada penelitian ini dari hasil yang didapat bahwa yang mempengaruhi penambahan nilai dari STC bukanlah densitas, penambahan STC pada penelitian ini terjadi karena terbentuknya pori pada komposit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini mampu berhasil membuat komposit berbahan poliester berserat gelas dan nanoselulosa, dengan metode hand lay-up. Dari pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Penambahan ketebalan pada komposit meningkatkan *Sound Transmission Class* sebanyak 2 tingkat dari 20-25 menjadi 30-35. Ketebalan komposit yang sesuai pada Door Trim adalah pada ketebalan 3.0 mm dengan nilai *Sound Transmission Class* 30.
2. Adanya penambahan ketebalan pada bahan yang sama dengan ketebalan yang berbeda menghasilkan densitas yang sama yang menunjukkan penambahan ketebalan dengan rasio perbandingan bahan yang sama akan menghasilkan densitas yang sama.

5.2 Saran

Telah dilakukan penelitian tentang rekayasa komposit Nanoselulosa sebagai bahan interior *Door Trim* mobil. Untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik disarankan:

1. Melakukan pengujian dengan peralatan yang memadai agar mendapatkan hasil yang lebih akurat
2. Mengestimasi harga, waktu dan pengujian agar hasil yang didapatkan sesuai dengan harapan
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan komposit menggunakan metode yang sama.
4. Memperhatikan proses pencampuran antara matriks dan filler yang memungkinkan terjadinya gelembung udara yang menyebabkan penurunan nilai densitas komposit



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, Axel Gian, Moh. Farid. 2017. **Studi Bahan Akustik dan Insulasi Thermal Poliester Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Penuangan (Casting)**. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anam, C. 2007. **Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus dengan Metode Spektroskopi FT-IR**. Berkala Fisika Vol. 10, 79-85.
- Anggraeni, Nuha Desi. 2008 . **Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) Dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite**. Seminar Nasional. 50-56.
- Basyarahil, Zulfa Ilham, Moh. Farid. 2017. **Karakterisasi Dan Proses Manufaktur Komposit Polypropyleneberpenguat Serat Dendrocalamus Asper Untuk Aplikasi Ruang Mesin Otomotif**. Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Barbero, Ever J .1998. **Introduction to Composite Materials Design**. new york. CRC Press V*J Taylor Si Francis Group. Diunduh pada tanggal 13 November 2013 dari <http://www.gbv.de/dms/ilmenau/toc/626731402.PDF>
- Chusnul.2011.**SpektroskopiIR**,<<https://www.scribd.com/document/86575301/Spektroskopi-inframerah>>.
- Choudhary ,Om Prakash , Priyanka.2017. **Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components**. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.India
- David, Cripps. 2010. **Manufacturing Guide and Tools**, <<http://netcomposites.com/guide-tools/guide>>
- Dian, Jonathan, Moh. Farid. 2017. **Sintesis dan Karakterisasi Komposit Polyurethane Berpenguat Nanocellulose Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai**

- Bahan Akustik.** Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Doelle, L. L. 1972. **Akuistik Lingkungan.** Jakarta: Erlangga.
- Erningsih, R., & Gustiani, S. (2013). **Peningkatan Daya Serap Serat Poliester Menggunakan Selulosa Bakterial** .Balai Besar Tekstil , 38 - 46.
- Dufresne, Alan. 2012. **The New Ageless Bionanomaterial.**Grenoble Institute of Technology.France.
- E ,Eskezia, Abera A and Daniel Tilahun. 2017. **Finite Element Analysis of Internal Door Panel of a Car by Considering Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composite.** School of Mechanical and Industrial Engineering, Addis Ababa University, King George VI Street -385 :Ethiopia
- Farid, M, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P. Wulandari. 2015. **Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre.** Advanced Materials Research, Vol. 1112, pp. 329-332.
- Farid, M., T. Heryanto. 2013. **Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials.** Advance Material Research. Vol. 789, pp.269-273
- Farid, M.,et al., **“Improvement of Acoustical Characteristic: Wideband Bamboo Based Polymer Composite”**.IOP Conf Series: Material Science and Engineering. Vol. 223, (2017) 011021
- Farid, M. et al, **“Nanocellulose Based Polymer Composite for Acoustical Material”**. AIP Conference Proceedings. Vol. 1945, (2018) 020025
- Gabriel, J.F. 2001. **Fisika Lingkungan.** Jakarta: Hipokrates.
- Hartomo,A.J., Rusdiarsono, A., Hardianto, D., 1992, **Memahami Polimer dan Perekat**, Andi Offset. Yogyakarta.

- Hasani, Hossein., Reza Saghafi, M. Zarrrebini. 2016. **An Investigation into Sound Transmission Loss by Polypropylene Needle-Punched Nonwovens** . Alexandria Engineering Journal
- Hawkins, Thimoty Gerald. 2014 . **Studies And Research Regarding Sound Reduction Materials With The Purpose Of Reducing Sound Pollution.** The Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Heath, L., Thielemans, W. 2010. **Cellulose Nanowhisker Aerogels.** Green Chem. Vol. 12. Hal. 1448
- Hoeller , Christoph, David Quirt, Berndt Zeitler, Ivan Sabourin. 2017. **Apparent Sound Insulation in Cold Formed Steel Framed Buildings.**National Research Council, Canada.
- Julianto, Henry, Moh. Farid. 2017. **Pengembangan Bahan Akustik dan Insulasi Thermal Berbasis Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Muffler.** Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Jo Anne Shatkin, Theodore H. Wegner, E.M. (Ted) Bilek, John Cowie. 2014. **NanoMarket projections of cellulose nanomaterial-enabled products–Part 1: Applications.** Tappi Journal.USA.
- Kargazadeh, Hanieh., Ishak A., Sabu T., Alain D. 2017. **Handbook of Nanocellulose and Cellulose Nano Composite.** Wiley-VCH. Germany.
- Klemm D, Philipp B, Heinze T, Heinze U, dan Wagenknecht W. 1998. **Comprehensive Cellulose Chemistry:Fundamentals and Analytical Methods. Vol.1.** Weiheim:Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Legiviani, Lani, Moh. Farid. 2016. **Pengaruh Perbandingan Komposisi Penyusun Polyurethane dan Fraksi Massa**

- Serat Kelapa terhadap Koefisien Absorpsi Suara dan Kekuatan Lentur Komposit Serat Kelapa pada Aplikasi Muffler.** Program Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- M.M.Schwartz .1984. **Material Komposit Handbook.** McGraw-Hill, New York : Amerika Serikat.
- Marcott,C., .1986. **Material Characterization Hand Book vol. 10: Infrared Spektroskopy .** ASM International: Amerika.
- Mediastika, E Christina. 2009. **Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan.** Yogyakarta.
- Mistry, B.D. 2009. **A Handbook of Spectroscopic Data CHEMISTRY.** Jaipur: Oxford book company
- MRTFC, Warcnock A.C.C. 2018. **Understanding and Improving Sound Transmission Loss.** Forest and Wood Products Research and Development Corporation, Australia.
- Othman, S. H., Rashid, S. A., Ghazi, T. I., & Abdullah, N. (2012). **Dispersion and Stabilization of Photocatalytic TiO₂ Nanoparticles in Aqueous Suspension for Coatings Applications.** Journal of Nanomaterials , 1-11.
- Parmar, Rajnikant R; Parthraj R. Puranik; Piretsh R. Rana. 2014. **Nonwoven Acoustic Textiles – a Review. International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology.** Volume 5 , 81-88
- Peng, Limin; Boqi Song; Junfeng Wang; Dong Wang. 2014. **Mechanic and Acoustic Properties of the Sound-Absorbing Material Made from Natural Fiber and Polyester.** Advances in Materials Science and Engineering, 1-5
- Pramono. A, 1989. **Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan.** Fakultas Teknik Metalurgi dan Material
- Pratama, Rachmadhani Dian, Moh. Farid. 2017. **Karakterisasi Komposit Silicone Rubber Berpenguat Nanoselulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Barium**

- Heksaferrit untuk Aplikasi Penyerap Suara dan Penyerap Radar.** Tugas Akhir Program Sarjana ITS
- Rosidah, Afira Ainur, Moh. Farid. 2017. **Studi Bahan Akustik Silicone Rubber Berpori Berpenguat Nano Selulosa Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.** Tugas Akhir Program Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Santoso .2002. **Bentuk Serat Kaca.** Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Sari, Nasmi Herlina. 2018. **Material Teknik.** Deepublish. Sleman, Indonesia.
- Schwartz, M.M. 1984. **Composite Materials Handbook.** Mc Graw Hill Inc. New York. USA.
- Shabrina, Nabilla, Moh. Farid. 2016. **Pengaruh Panjang Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Struktur Morfologi Komposit Berpenguat Serat Rami dan Bambu Betung dengan Matriks Gypsum Untuk Aplikasi Otomotif.** Program Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Sulistijono. 2012. **Mekanika Material Komposit.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya
- Sumoro H. 2007. **Sound Transmission Class dan Transmission Loss.** <www.HadiSumoro.com>.
- Svagan, A.J., Jensen, P., Berglund, L.A., Furó, I., and Dvinskikh, S.V. 2010. **Towards Tailored Hierarchical Structures in Starch-Based Cellulose Nanocomposites Prepared by Freeze Drying.** J. Mater. Chem. Vol. 20. Hal. 6646
- Tipler, Paul A. 1998. **Fisika Untuk Sains & Teknik Edisi Ketiga Jilid 1.** Alih Bahasa Prasetyo, Lea & Adi, Rahmad W. Jakarta :Erlangga.
- Trewin, N. 1988. **Use of the Scanning Electron Microscope in sedimentology in Tucker, M. (Ed).** J. Tech. Sedimentology. Blackwell Science Oxford 88, p 305-312.

- Valcheva, Liliana., Viktor S. 2015. **The Effect Of Thickness Of Medium Density Fiberboard Produced Of Hardwood Tree Species On Their Selected Physical And Mechanical Properties.** Trans Tech Publications, Switzerland
- Xuejun Shi, Jingyi Wu, Xiaoen Wang, dkk. 2017. **Novel Sound Insulation Materials Based On Epoxy/Hollow Silica Nanotubes Composites** . Huangzhong University, China.
- Zimmermann, T., Pohler, E., Geiger, T. 2004. **Cellulose Fibrils for Polymer Reinforcement.** *Advanced Engineering Science*,6(9): 754-761

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

A. Perhitungan Densitas

$$\frac{\text{Massa Spesimen dalam udara (gr)}}{\text{Massa Spesimen dalam air (gr)}} \times \text{massa jenis air (1 gr/cm}^3\text{)}$$

1. Ketebalan 1.5 mm

Spesimen	Massa dalam udara	Massa dalam air	Densitas (gr/cm ³)
1	0.131	0.085	1.541176
2	0.129	0.086	1.5
3	0.13	0.086	1.511628
Rata-rata			1.517601

2. Ketebalan 2.6 mm

Spesimen	Massa dalam udara	Massa dalam air	Densitas (gr/cm ³)
1	1.27	0.835	1.520958
2	1.27	0.836	1.519139
3	1.27	0.838	1.515513
Rata-rata			1.518537

3. Ketebalan 3.0 mm

Spesimen	Massa dalam udara	Massa dalam air	Densitas (gr/cm ³)
1	0.35	0.22	1.590909
2	0.34	0.23	1.478261
3	0.36	0.24	1.5
Rata-rata			1.523057

B. Perhitungan Persen Porositas Komposit

a. Perhitungan ρ Teoritis

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{\%fiber}{\rho_{fiber}}\right) + \left(\frac{\%matriks}{\rho_{matriks}}\right)}$$

1. Ketebalan 1.5 mm

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{0,56}{2,56}\right) + \left(\frac{0,44}{1,21}\right) + \left(\frac{0,01}{1,55}\right)} = 1.745$$

2. Ketebalan 2.6 mm

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{0,568}{2,56}\right) + \left(\frac{0,432}{1,21}\right) + \left(\frac{0,01}{1,55}\right)} = 1.727$$

3. Ketebalan 3.0 mm

$$\rho_c = \frac{1}{\left(\frac{0,58}{2,56}\right) + \left(\frac{0,42}{1,21}\right) + \left(\frac{0,01}{1,55}\right)} = 1.742$$

b. Perhitungan Persen Porositas :

$$\%P = \frac{\rho_{teori} \left(\frac{gr}{cm^3}\right) - \rho_{eksperimen} \left(\frac{gr}{cm^3}\right)}{\rho_{teori} \left(\frac{gr}{cm^3}\right)} \times 100 \%$$

1. Ketebalan 1.5 mm

$$\%P = \frac{1.745 - 1.517}{1.745} \times 100 \% = 11.86 \%$$

2. Ketebalan 2.6mm

$$\%P = \frac{1.727 - 1.518}{1.657} \times 100 \% = 12.1\%$$

3. Ketebalan 3.0 mm

$$\%P = \frac{1.742 - 1.523}{1.742} \times 100 \% = 12.63 \%$$

C. Perhitungan *Transmission Loss*

Menentukan *Sound Transmission Class* menurut ASTM

E413:

Kondisi STC yang harus dipenuhi:

1. Tidak boleh ada Frekuensi yang memiliki Defisiensi yang nilainya lebih dari 8
2. Total defisiensi tidak boleh lebih dari 32

Spesimen dengan tebal 3.0 mm dan nanoselulosa.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	15	31	31	0
160	+13	20	33	31	0
200	+10	21	31	31	0
250	+7	23	30	31	1
315	+4	26	30	31	1
400	+1	21	22	31	9
500	0	27	27	31	4
630	-1	27	26	31	5
800	-2	30	28	31	3
1000	-3	32	29	31	2
1250	-4	32	28	31	3
1600	-4	37	33	31	0
2000	-4	39	35	31	0
2500	-4	42	38	31	0
3150	-4	44	40	31	0
4000	-4	45	41	31	0
				Total	28

Pada STC-31, tidak memenuhi kondisi dikarenakan ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8, yaitu pada frekuensi 400 Hz.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	13	31	30	0
160	+13	16	33	30	0
200	+10	18	31	30	0
250	+7	19	30	30	0
315	+4	23	30	30	0
400	+1	18	22	30	8
500	0	23	27	30	3
630	-1	22	26	30	4
800	-2	25	28	30	2
1000	-3	28	29	30	1
1250	-4	29	28	30	2
1600	-4	33	33	30	0
2000	-4	36	35	30	0
2500	-4	38	38	30	0
3150	-4	40	40	30	0
4000	-4	42	41	30	0
				Total	20

Spesimen dengan tebal 3.0 mm dan nanoselulosa ini memiliki STC-30 karena memenuhi kriteria STC sesuai ASTM E413, dimana tidak ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8 dan jumlah defisiensi tidak melebihi 32

Spesimen 2.6mm

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	13	29	27	0
160	+13	16	29	27	0
200	+10	18	28	27	0
250	+7	19	26	27	1
315	+4	23	27	27	0
400	+1	18	19	27	8
500	0	23	23	27	4
630	-1	22	21	27	6
800	-2	25	23	27	4
1000	-3	28	25	27	2
1250	-4	29	25	27	2
1600	-4	33	29	27	0
2000	-4	36	32	27	0
2500	-4	38	34	27	0
3150	-4	40	36	27	0
4000	-4	42	38	27	0
				Total	23

Pada STC-28, Spesimen dengan tebal 2.6 mm dan tanpa nanoselulosa ini masih memenuhi kriteria STC.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	13	29	28	0
160	+13	16	29	28	0
200	+10	18	28	28	0
250	+7	19	26	28	2
315	+4	23	27	28	1
400	+1	18	19	28	9
500	0	23	23	28	5
630	-1	22	21	28	7
800	-2	25	23	28	5
1000	-3	28	25	28	3
1250	-4	29	25	28	3
1600	-4	33	29	28	0
2000	-4	36	32	28	0
2500	-4	38	34	28	0
3150	-4	40	36	28	0
4000	-4	42	38	28	0
				Total	35

Pada STC-29, tidak memenuhi kondisi dikarenakan ada frekuensi yang memiliki defisiensi lebih dari 8, yaitu pada frekuensi 400 Hz dan total defisiensinya adalah 35 tidak memenuhi kriteria STC yang tidak boleh lebih dari 32. Jadi pada Spesimen dengan tebal 2.6 mm dan tanpa nanoselulosa ini nilai STC nya adalah 27.

Spesimen 1.5 mm

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	4.0	20	17	0
160	+13	8.3	21.3	17	0
200	+10	7.1	17.1	17	0
250	+7	8.4	15.4	17	1.6
315	+4	12.2	16.2	17	0.8
400	+1	10.2	11.2	17	5.8
500	0	12.0	12.0	17	5
630	-1	13.4	12.4	17	4.6
800	-2	16.0	14.0	17	3
1000	-3	17.9	14.9	17	2.1
1250	-4	19.5	15.5	17	1.5
1600	-4	23.7	19.7	17	0
2000	-4	25.2	21.2	17	0
2500	-4	25.7	21.7	17	0
3150	-4	27.3	23.3	17	0
4000	-4	28.3	24.3	17	0
				Total	24.4


Pada STC-25, Spesimen dengan tebal 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa ini masih memenuhi kriteria STC.

Frekuensi (HZ)	STC Contour Adjustment	Transmission Loss	Transmission Loss-Adjusted	STC – Perkiraan	Defisiensi
125	+16	4.0	20	18	0
160	+13	8.3	21.3	18	0
200	+10	7.1	17.1	18	0.9
250	+7	8.4	15.4	18	2.6
315	+4	12.2	16.2	18	1.8
400	+1	10.2	11.2	18	6.8
500	0	12.0	12.0	18	6
630	-1	13.4	12.4	18	5.6
800	-2	16.0	14.0	18	4
1000	-3	17.9	14.9	18	3.1
1250	-4	19.5	15.5	18	2.5
1600	-4	23.7	19.7	18	0
2000	-4	25.2	21.2	18	0
2500	-4	25.7	21.7	18	0
3150	-4	27.3	23.3	18	0
4000	-4	28.3	24.3	18	0
				Total	33.3

Berdasarkan ASTM E413 bahan dengan ketebalan 3.0 mm dan nanoselulosa dengan nilai STC-30 jika dikategorikan STC dalam rentang 25-30 berarti bahan jika dikenakan suara normal akan mudah atau jelas terdengar, namun jika di kategorikan dalam rentang 30-35 berarti bahan jika dikenakan suara keras maka akan cukup terdengar. Bahan dengan ketebalan 2.6 mm dan tanpa nanoselulosa dengan nilai STC-27 jika dikategorikan STC masuk dalam rentang 25-30 berarti bahan jika dikenakan suara normal akan mudah atau jelas terdengar dan bahan dengan ketebalan 1.5 mm dan tanpa nanoselulosa dengan nilai STC-17 jika dikategorikan STC masuk dalam rentang 15-20 ini berarti memiliki nilai STC yang sangat kecil, apabila digunakan sebagai partisi suara pelan masih dapat terdengar. Terkecuali pada frekuensi 1000 Hz termasuk kategori cukup yang berarti suara keras cukup terdengar.

LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN

A. Hasil Pengujian *Transmission Loss*



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS ILMU ALAM
 DEPARTEMEN FISIKA
 Kampus ITS Sukelilo – Surabaya 60111
 Telp: 031-5943351, Fax: 031-5943351, PABX: 1210
<http://www.physics.its.ac.id>

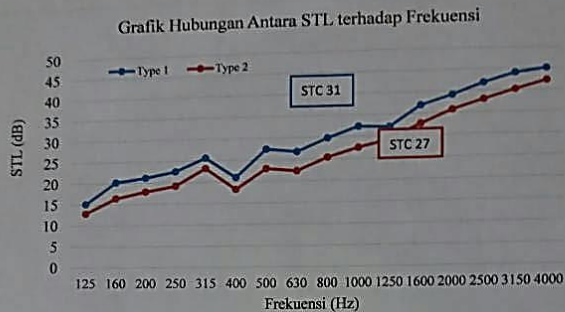
SURAT KETERANGAN PENGUJIAN

I. DATA BAHAN : Moh. Farid, Jr., DEA.
 1.1 pengirim : Teknik Material ITS
 1.2 Jenis / Merk : Bahan campuran resin
 1.3 Contoh diterima : 06 Juni 2018
 1.4 Tanggal Pengujian : 06 Juni 2018
 1.5 Jenis pengujian : Sound Transmission Class (STC)

II. HASIL PENGUJIAN
 Sound Transmission Loss (STL)

Frekuensi (Hz)	Besarnya harga STL (dB)	
	Type 1 (putih)	Type 2 (trasparan)
125	15	13
160	20	16
200	21	18
250	23	19
315	26	23
400	21	18
500	27	23
630	27	22
800	30	25
1000	32	28
1250	32	29
1600	37	33
2000	39	36
2500	42	38
3150	44	40
4000	45	42
Nilai STC (dB)	31	27

1



III. KESIMPULAN

- Dari hasil pengujian di dapat nilai STC 27-31 dB hal ini berarti memiliki nilai STC yang cukup, yang berarti suara keras cukup terdengar. Pada frekuensi di atas 1600 Hz termasuk kategori bagus, suara keras terdengar tetapi harus lebih didengarkan.

Keterangan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk jenis dan kualitas bahan yang sama, dari contoh uji yang diterima.

Surabaya, 8 Juni 2018
Koordinator Laboratorium Akustik
Departemen Fisika FIA TTS



Dr. Suyatno
NIP. 19760620 200212 1 004



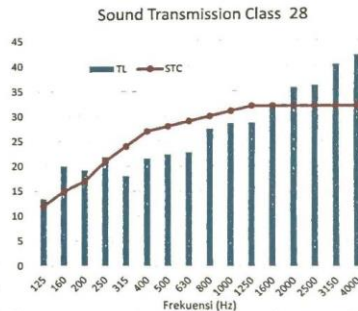
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS ILMU ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
Kampus ITS Sukolilo – Surabaya 60111
Telp: 031-5943351, Fax: 031-5943351, PABX: 1210
<http://www.physics.its.ac.id>

SURAT KETERANGAN PENGUJIAN

- I. DATA BAHAN
Pengirim : Moh. Farid, Ir, DEA
Jenis pengujian : Transmission Loss (TL)/ Sound Transmission Class (STC)
Nama Penguji : Suyatno, Dr.
Metode pengujian : Standart ASTM E90
Alat ukur : SLM Rion NL-20
Integrated sound analyzer Yoshimasa Electronic.
Jenis bahan : Bahan campuran resin

II. HASIL PENGUJIAN

Freq	TL	STC
125	13	12
160	20	15
200	19	17
250	22	21
315	18	24
400	22	27
500	22	28
630	23	29
800	27	30
1000	29	31
1250	29	32
1600	32	32
2000	36	32
2500	36	32
3150	40	32
4000	42	32



Keterangan:

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk jenis dan kualitas bahan yang diuji.

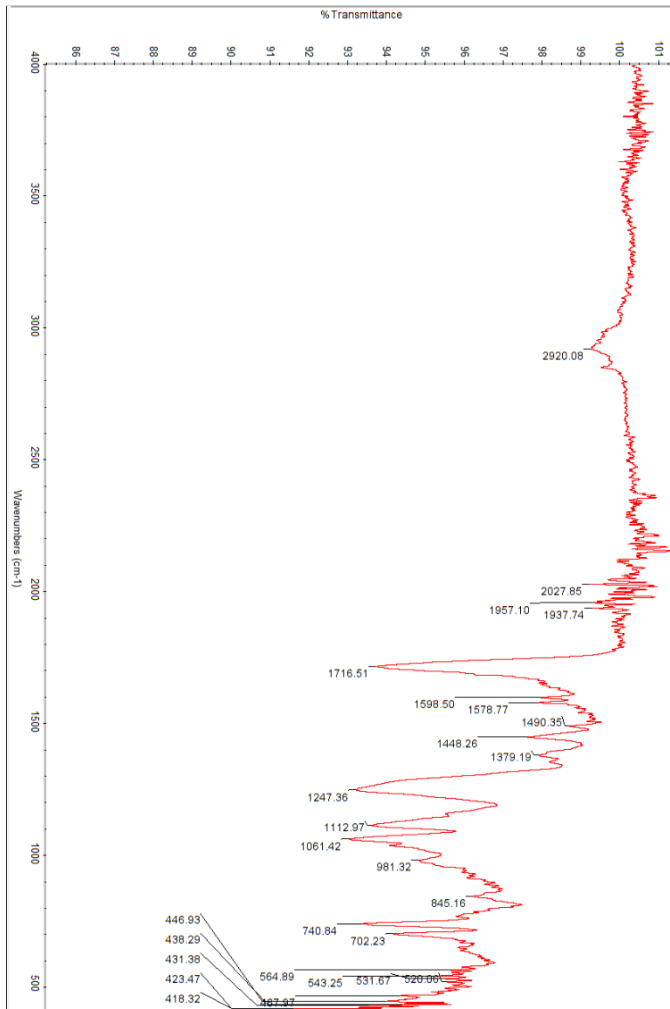
Surabaya, 02 Agustus 2018

Koordinator Laboratorium Akustik
Departemen FISIKA FIA ITS

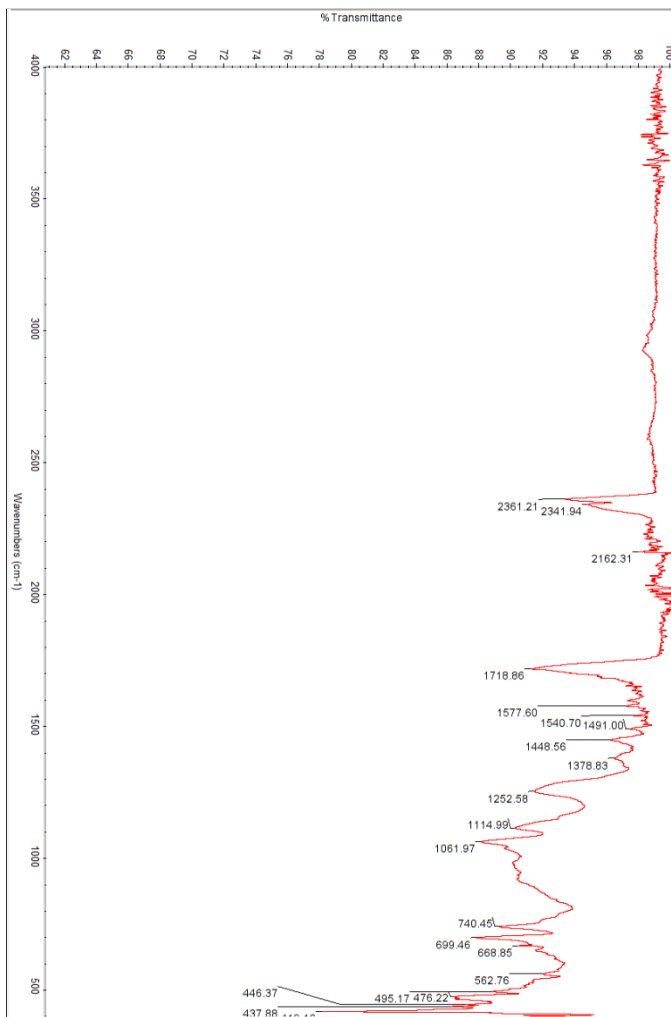
Susilo Indrawati
NIP 1100201301001

B. Hasil Pengujian FTIR

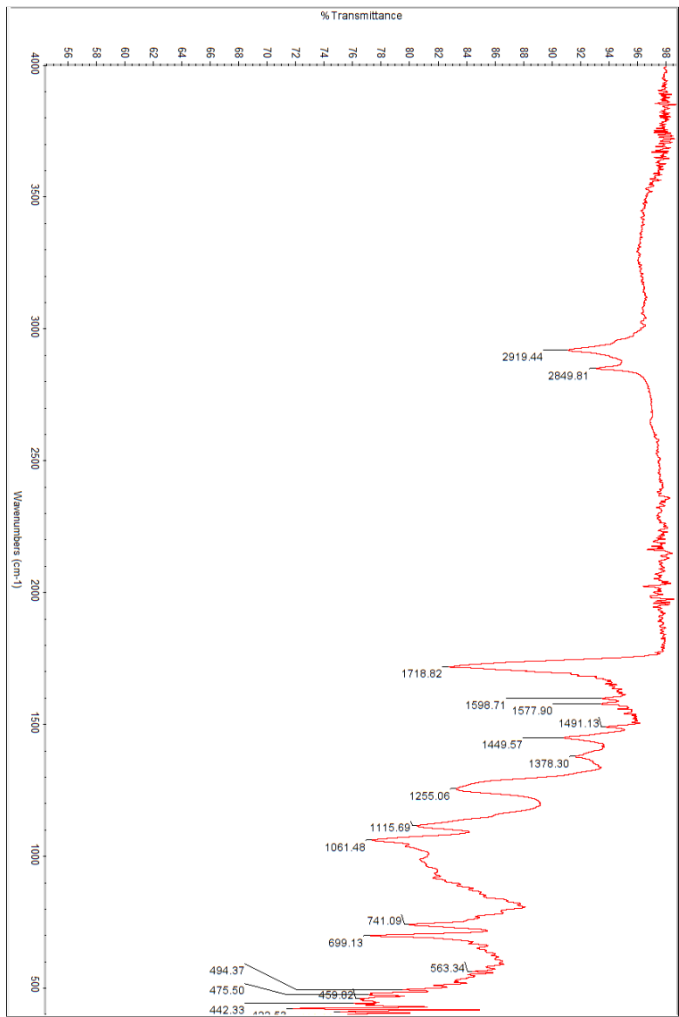
1. UPR 1.5 mm




2. UPR 2.6 mm



3. UPR Nanoselulosa 3.0 mm



C. Spesifikasi Nanoselulosa


BLUE GOOSE BIOREFINERIES INC.™
Innovating Bio-based Products

Grade Profile: BGB Ultra™ Cellulose Nanocrystals Suspension (Technical Grade)

Blue Goose Biorefineries Inc. BGB Ultra™ CNC is an 8.0% w/w suspension of type I cellulose nanocrystals in reverse osmosis water. It is produced with a transition metal catalyzed oxidative process. Features of BGB Ultra™ include:

- Uniform crystal size
- Non-Newtonian fluid behaviour (thixotropic)
- Chiral nematic network formation in water
- Dried films are birefringent
- No sulfate half ester moiety

This is a technical grade, suitable for research purposes. This material is not suitable for human consumption.

Typical Values (Not Specifications)

Biomass Source: Acetate grade dissolving pulp (Western Hemlock)
Appearance: Translucent gel

Parameter	Value	units	Test Method
Crystallinity index	80%		Segal method
Crystal length	100-150	nm	TEM
Crystal diameter	9-14	nm	TEM
Hydrodynamic diameter	150	nm	DLS*
Zeta Potential	-35	mV	DLS*
Carboxyl Content	0.15	mmol/g	Conductivity titration + FTIR




Image obtained using FEI Tecnai 12 BioTwin microscope at 120 kV. Uranyl acetate stain on copper TEM grid coated with amorphous silica.

**Using Malvern Zetasizer model Nano-ZS*

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya
2. Ummi, Abi, dan keluarga atas dukungan moril dan materiil yang luar biasa
3. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing yang terus menyemangati dan telah sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku *co*-pembimbing dan mentor yang senantiasa memberi bimbingan, arahan dan nasihat.
5. Bapak Mas Irfan Purbawanto Hidayat selaku dosen wali terbaik yang senantiasa menyemangati selama perkuliahan di ITS ini.
6. Dosen Tim Penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir serta seluruh dosen dan staff karyawan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS.
7. Keluarga HMMT dan MT16
8. Keluarga besar komunitas Teknokrat Muda Indonesia yang selalu menjadi motivasi dalam pembuatan Tugas Akhir ini
9. Keluarga besar Rumah Kepemimpinan yang tidak henti-hentinya memberi semangat dan motivasi.
10. Seluruh pihak yang telah memberi dukungan dan motivasi yang tidak bias disebutkan satu per satu oleh penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Penulis berharap pembaca dapat

mengambil ilmu yang ada dan memberikan kritik dan/saran untuk perkembangan teknologi yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Abdullah Aljabir, lahir di Bogor pada tanggal 04 Febuari 1997 dari ayah bernama Tisin dan ibu bernama Sri Utami Purwaningsih. Penulis adalah putra kedua dari empat bersaudara dan telah menempuh pendidikan formal di MIS Ruhul Ulum Jakarta, lalu SMP Negeri 175 Jakarta, lalu SMA Negeri 109 Jakarta. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Departemen Teknik Material melalui Jalur SBMPTN 2014. Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepanitiaan di kampus antara lain sebagai Ketua komunitas Teknokrat Muda Indonesia dan Mentri AKSPRO BEM ITS 2018. Selama kuliah penulis juga berkarya dengan menulis buku yaitu Narasi Kepemimpinan Muda dan Petualangan Andi. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktek di PT. PINDAD (Persero), Bandung, Jawa Barat. Penulis mengambil topik mengenai material inovatif (komposit) untuk tugas akhir di Departemen Teknik Material FTI-ITS. Cita-cita penulis adalah ingin berkiprah dalam bidang ketahanan pangan dan energi dalam mengatasi permasalahan krisis yang terus menerus menghantui orang-orang. Penulis memiliki motto hidup yaitu Lillahi Ta'ala, kerja ikhlas, kerja cerdas, kerja keras, dan kerja tuntas semata karena mengharap ridha dari yang maha kuasa Allah Ta'ala. Penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat untuk kebaikan dan juga ilmu yang telah didapatkan oleh penulis selama perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember ini menjadi ilmu organik yang akan kembali ke masyarakat agar mampu dimanfaatkan untuk kebaikan bersama.